Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven

Herausgegeben von

H. Friedrich

Direktor des Instituts für Meeresforschung

Band III

Heft 2

mit 18 Tafeln und 5 Textabbildungen und Karten

1955

Kommissionsverlag Franz Leuwer, Bremen



Materialien zur Frage der Artbildung in der Fauna des marinen Pelagials.

Von Hermann Friedrich

I. Einleitung.

Die auf der Erkenntnis des Mutationsgeschehens aufgebaute Evolutionstheorie geht von folgenden Voraussetzungen aus:

1. Mutationen sind Vorgänge, die beziehungslos zu den sie auslösenden Faktoren sind und daher nicht ohne weiteres zu Anpassungserscheinungen führen;
2. Selektion bewirkt, daß sich Mutanten im Kampf ums Dasein infolge Vermehrung der Individuen mit mutierten Merkmalen allmählich durchsetzen;
3. Isolation von Populationen mit mutierten Genen gegenüber der allgemeinen Fortpflanzungsgemeinschaft bewirkt eine Steigerung der Häufigkeit der Mutanten innerhalb der abgegliederten Gemeinschaft und beschleunigt dadurch den Spezifikationsprozeß;
4. Populationswellen, d. h. starke Schwankungen im Individuenbestand aufeinanderfolgender Generationen, können das Durchsetzen von Mutanten z. B. dadurch fördern, daß vielfach vorhandene heterozygote Rezessivallele häufiger homozygot werden und größere Aussicht auf Erhaltung dieser Homozygotie besteht.

Diese Voraussetzungen gelten für die terrestrische und limnische Organismenwelt, deren Lebensräume so differenziert sind, daß die Außenfaktoren mutationsauslösend, selektiv und isolierend wirken können. Demgegenüber stellt das marine Pelagial einen sehr großräumigen Lebensbereich dar, in dem die äußeren Faktoren vielfach eine nur gering ausgeprägte Abstufung zeigen und weite Gebiete so kontinuierlich ineinander übergehen, daß eine ökologische Differenzierung kaum möglich erscheint. Dennoch hat eine Analyse (Friedrich 1952) die Möglichkeit zur Abgrenzung verschiedener Bereiche mit unterschiedlichen Biozönosen ergeben, wenn auch die Grenzziehung mehr oder weniger fluktuierend ist. Außerdem weist die Existenz zahlreicher Arten innerhalb von Gattungen darauf hin, daß die Heterogenität des Lebensraumes offenbar doch genügend Voraussetzungen für den Ablauf der Spezifikation bietet. Es liegt daher nahe, einmal der Frage der Artbildung im marinen Pelagial nachzugehen.

Die Absicht geht dabei dahin, aus dem sehr umfangreichen Schrifttum Daten, Beobachtungen und gelegentlich geäußerte Anschauungen zu dieser Frage zusammenzutragen, nicht aber das Evolutionsgeschehen einzelner Kategorien zu analysieren und etwa als Stammbaum darzustellen. Eine Vollständigkeit kann in dieser Zusammenstellung nicht angestrebt sein, doch

hoffe ich, daß dadurch die marine Biologie einen festeren Anschluß an die allgemeine Biologie gewinnen kann, daß Eigenart des Lebensraumes, Vielgestaltigkeit der Lebensformtypen, systematische Zusammensetzung und geographische Verbreitung der pelagischen Tiere in Verbindung mit phylogenetischer Betrachtung neue Aspekte erhalten und daß sich daraus Anregungen zu weiteren Forschungen ergeben.

II. Mutabilität.

Mutationen sind meines Wissens bei marinen Tieren mit Sicherheit nicht nachgewiesen worden. Wir dürfen aber trotzdem annehmen, daß die marinen Tiere im allgemeinen und die des Pelagials im besonderen mutieren, handelt es sich doch dabei vielfach um Vorgänge, die nicht notwendig von außen her induziert sein müssen. RENSCH 1947[1]) hat dargetan, daß in der marinen Fauna die Zahl der über lange Zeiträume unverändert fortbestehenden Gattungen wesentlich größer ist als bei den Landtieren, und daß die Evolution im Meere offenbar langsamer verläuft als auf dem Lande. Dabei werden fast ausschließlich Vertreter der benthonischen Fauna berücksichtigt, denn Fossilfunde pelagischer Tiere sind im allgemeinen zu selten, als daß sich daraus Rückschlüsse ziehen ließen (vergl. jedoch die Radiolarien und Foraminiferen). Da die größere Zahl der „Dauertypen" und der langsamere Ablauf der Evolution in Zusammenhang gebracht werden mit der geringen Differenzierung der Umwelt, ist für das Pelagial dasselbe, möglicherweise in verstärktem Maße, wahrscheinlich. Über die Mutabilität der marinen Tiere an sich ist damit aber nichts gesagt.

Mit dieser Unkenntnis über das Vorkommen von Mutationen entfallen auch Aussagen über Mutationsrate, Mutationsgröße und Mutationsbreite. Da Mutationen durch bestimmte Umweltänderungen ausgelöst werden können (Bestrahlung, Temperaturschocks, chemische Agentien), diese Umweltänderungen im Meere aber ausgeglichener, kontinuierlicher sind als im terrestrischen und limnischen Bereich, könnte vermutet werden, daß die Mutationsrate geringer sei. Das aber wird in starkem Maße abhängen von der Reaktionsfähigkeit der Organismen gegenüber geringfügigen Änderungen der Faktoren (s. S. 171, 183).

Immerhin lassen sich Überlegungen darüber anstellen, welche äußeren Faktoren bei der Auslösung von Mutationen dadurch eine Rolle spielen können, daß sie stärkere sprunghafte Änderungen zeigen und infolgedessen schockartige Wirkung zu entfalten vermögen. In meinen „Betrachtungen zur Synökologie des ozeanischen Pelagials", 1952, habe ich darauf hingewiesen, daß bei verschiedenen Milieufaktoren in ihrer horizontalen wie vertikalen Ausdehnung Gradienten vorhanden sind, deren Größe biologisch wirksam sein muß und die Abgrenzung von Biozönosen trotz der Kontinuität des Mediums rechtfertigen. Im Südatlantik ist z. B. auf kurzer Strecke im Gebiet der Polarfront ein durchschnittlicher Temperatur-

---

[1]) Die erweiterte zweite Auflage wurde mir erst nach Fertigstellung des Manuskriptes zugänglich.

gradient von 3,5° C vorhanden, der stellen- und zeitweise sogar >7° C betragen kann. Am Zusammenprall von Labrador- und Golfstrom sind Temperaturgradienten von >9° C beobachtet. Das bedeutet also, daß stenotherme Kalt- und Warmwasserformen bei einer Verfrachtung über diese Zone diesem Temperaturwechsel unterworfen sind, und je nach dem Grad der Stenothermie der verschiedenen Arten dürfte ein solcher Wechsel schockartige Wirkung haben. In der Vertikalen treten derartige Gradienten in thermischen Sprungschichten öfter auf, und da solche Sprungschichten in den Warmwassergebieten ständig ausgebildet sind, ist ihre wiederholte Einwirkungsmöglichkeit gegeben, und das um so mehr, als nach verschiedenen Mitteilungen manche Formen bei ihren rhythmischen Vertikalwanderungen die Sprungschicht durchstoßen.

Strohl 1936 ist geneigt anzunehmen, daß bei der Appendikularie *Fritillaria borealis* die bipolar auftretende f. *typica* durch Mutation eines pleiotropen Gens zu verstehen ist, das die physiologische Konstitution gegenüber der Temperatur und gewisse morphologische Merkmale bestimmt, in denen sich *F. b. typica* von *F. b. sargassi* unterscheidet. Mit der veränderten Temperaturtoleranz könnten sogar Fertilitätsunterschiede verbunden sein, die einen an sich geringen Selektionswert der mutierten konstitutionellen Reaktion auf Temperatur noch erhöhen.

Veränderungen im Salzgehalt sind im allgemeinen im ozeanischen Gebiet kontinuierlich und wahrscheinlich von zu geringer Amplitude, als daß sie in dem hier zur Diskussion stehenden Sinne direkt wirksam wären, sie überschreiten aber im neritischen Bereich sowie in Nebenmeeren häufig sogar die Lethalgrenze. Bei pendelnden Strömungen ist also auch hier mit Schockwirkungen zu rechnen, wenn auch nur in gewissen begrenzten Bezirken. Unabhängig hiervon kommt aber dem Salzgehalt durch seine Bedeutung für die Dichte des Wassers eine wesentliche Rolle bei der Differenzierung des Gesamtlebensraumes zu.

Stenobathe Formen können durch Turbulenz, Konvektionsströme oder durch Untertauchen von Wassermassen in Zonen sehr verschiedener Lichteinwirkung kommen, da das Licht beim Eindringen ins Wasser bekanntlich sehr schnell qualitativ und quantitativ verändert wird. Bei der starken Reaktionsfähigkeit vieler Plankter auf Licht, wie sie besonders in den Vertikalwanderungen zum Ausdruck kommt, kann auch hier mit regelmäßigen oder unregelmäßigen mutationsfördernden Einflüssen gerechnet werden.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß gelegentlich durch Massenvermehrung von Protisten weitgehende Änderungen im Chemismus größerer Bezirke eintreten können, die offenbar eine erhebliche Giftwirkung entfalten. Auch darin wird eine Überlegung einen stimulierenden Faktor sehen können.

Bemerkenswert erscheint mir ferner, daß in manchen Gebieten nicht nur ein Faktor, sondern mehrere gleichzeitig größere Gradienten auf-

weisen, und es ist durchaus denkbar, daß dadurch eine über die Wirkung des Einzelfaktors hinausgehende Beeinflussung stattfindet.

Wie gesagt handelt es sich hier um Überlegungen, Möglichkeiten, die nicht experimentell überprüft sind und lediglich auf der Basis von Analogieschlüssen die Äußerung von RENSCH (1947, p. 94) bestätigen, daß für die Meerestiere im allgemeinen (und die pelagischen Tiere im besonderen) nicht „eine geringere Mutation als bei Landtieren oder irgendein besonders langsames ‚immanentes Entwicklungstempo' angenommen zu werden braucht".

III. Die artspezifische Gliederung in einzelnen Gattungen, Beobachtungen zu Rassenbildung und Saisondimorphismus.

Aus einer Anzahl von Bearbeitungen der Systematik einiger pelagischer Gruppen habe ich die Verteilung der Arten auf Gattungen zusammengestellt (Tab. 1). Wenn es wohl in manchen Fällen auch Auffassungssache ist, ob eine Art einer besonderen Gattung zugeordnet werden soll oder nicht, so drückt sich darin doch auf jeden Fall ein Grad stärkerer Abweichung, d. h. andersartiger phylogenetischer Entwicklung, aus.

In der Tab. I sind die monotypischen den oligo- und polytypischen Gattungen gegenübergestellt, wobei mehr als fünf Arten enthaltende Gattungen als polytypisch bezeichnet werden, so daß die oligotypischen zwei bis fünf Arten enthalten. Diese Abgrenzung ist naturgemäß recht willkürlich, doch kommt es mir besonders auf die Gegenüberstellung der monotypischen zu den extrem polytypischen Gattungen an.

Tabelle 1

Die Verteilung der Arten auf Gattungen in verschiedenen höheren systematischen Kategorien marin-pelagischer Tiere

Gruppe	Gesamt-Artenzahl	poli-typische Gattungen	oligo-typische Gattungen	mono-typische Gattungen	Autoren
Cystoflagellata	3	—	—	3	JOLLOS, Handb. d. Zool.
Actiniaria: Minyadidae	5	—	1[1])	3[1])	
Hydromedusen: Mitrocomidae	20[2])	1	3	5	KRAMP 1931/32
Siphonophoren: Abylinae	25	1	5	3	SEARS 1953
pelag. Hoplonemertinen	55	1	13	13	COE 1945
Polychaeta: Tomopteridae	16?	1	—	—	
Typhloscolecidae	13	2	—	1	
Alciopidae	40	3	4	2	
Chaetognathen	31	1	3[3])	3	KUHL 1938
Ostracoden: Halocypridae	92	1	3	1	MÜLLER 1912

Gruppe	Gesamt-Artenzahl	poli-typische Gattungen	oligo-typische Gattungen	mono-typische Gattungen	Autoren
Amphipoden[4]*),Hyperiiden*	324	14	37	26	
Mysidaceen:					
Lophogastridae	20	1[5])	1	3	FAGE 1941/42
Eucopiidae	4	—	1	—	FAGE 1941/42
Lepidophthalmidae	2	—	—	2	
Petalophthalmidae	8	—	3	1	
Mysidae	321	18	26	24	
Decapoda:					
Acanthephyridae	44	2	3	2	CHACE 1936
Pasiphaeidae	48	3	1	3	DE MAN 1920
Heteropoda	22	1	3	4	TESCH 1949
Pteropoda	ca. 90	4	4	6	TESCH 1913, 1948
Glaucidae	1	—	—	1	
Phyllirrhoidae	6[6])	—	2	—	ODHNER 1936
Cephalopoden:					
Vampyromorpha	1	—	—	1	ROBSON 1939 PICKFORD 1946, 1949
Appendicularien	ca. 80[7])	2	3	7	LOHMANN 1914—1931
Dolioliden	13	1	—	1	NEUMANN 1935
Salpiden	23	—	6	5	SEWELL 1926 METCALF 1932
Pyrosomatiden	11	1	—	—	METCALF 1932
Exocoetiden[8])		1	3	4	BRUUN 1935

Eine kritische Auswertung dieser Tabelle muß feststellen, daß die Zahl monotypischer Gattungen innerhalb verschiedener Familien bzw. höherer systematischer Kategorien recht groß ist, sie hat aber den gegenwärtigen Untersuchungsstand zu berücksichtigen und daher die Einschränkung zu machen, daß sich das Verhältnis durch Auffindung oder Erkennung neuer Arten verschieben wird. Auf jeden Fall aber werden auch bei erweiterter

[1]) CARLGREN hat 1924 die bekannten Formen zusammengestellt und gibt nach Ausscheidung nicht hierher gehöriger Formen eine Charakteristik der Familie. Die Synonymik der Minyadidenarten ist nicht völlig klar, so daß die Zahlen mit Vorbehalt zu nehmen sind. Sie werden sich kaum wesentlich vergrößern.

[2]) Davon drei unsicher.

[3]) *Spadella* mit 2 Arten ist als benthonische Gattung unberücksichtigt.

[4]) Von den pelagischen Grammaridea gibt SCHELLENBERG 1926 an, daß nur 3 Gattungen 5, 6 bzw. 7 Arten enthalten, von den übrigen nur einige mehr als eine Art aufweisen.

[5]) Die nicht holopelagische Gattung *Lophogaster* ist ausgenommen.

[6]) Die Gattung Cephalopyge nach Stubbings 1937 mit 4 Arten.

[7]) Die zahlreichen von ESSENBERG 1926 neu beschriebenen Arten der Gattung *Fritillaria* sind nicht berücksichtigt.

[8]) Hier sind nur die atlantischen Arten berücksichtigt.

Artenkenntnis die polytypischen Gattungen ein Zeichen für stärkere Neigung zur Spezifikation sein. Die Existenz dieser stark aufgespaltenen Gattungen betrachte ich als ein Zeichen dafür, daß die Artbildung auch im Pelagial teilweise lebhaft vor sich geht, die Evolutionsfaktoren also im Prinzip in gleicher Weise wirksam sind wie in den anderen Lebensbezirken. In manchen Fällen muß man dabei allerdings den Eindruck gewinnen, als sei die Erkennung und Abgrenzung der Arten innerhalb verschiedener Gattungen noch keineswegs abgeschlossen, z. B. *Conchoecia* (Ostracoda) mit achtzig teils stärker variierenden Arten, *Tomopteris* (Polychaeta); von *Cystisoma* (Amphipoda hyperiidea) sagt Barnard 1932: „Of this species is may well be said that we describe specimens, not species." Möglicherweise ist in solchen Fällen der Artbildungsprozeß in vollem Gange. Die Ko-Existenz zahlreicher nahe verwandter Arten im gleichen Lebensraum bietet eine Reihe besonderer Probleme (s. S. 183/184).

Auf der anderen Seite spricht die gleichzeitig vorhandene relativ große Zahl der mono- und oligotypischen Gattungen gleicher Familien im gleichen Lebensraum entweder für eine wesentlich geringere Mutabilität oder für eine geringere Wirksamkeit der selektiv wirkenden Evolutionsfaktoren bei diesen Formen. Eine Entscheidung dieser Alternative dürfte einstweilen wohl kaum möglich sein, und es liegen nicht die geringsten Anhaltspunkte vor zu der Frage, welche morphologischen oder physiologischen Eigenarten Monotypie oder Polytypie bedingen könnten. Da Vertreter mono- und polytypischer Gattungen gleicher Familien nach dem bisher möglichen Urteil häufig an gleichen Lokalitäten gefunden werden, scheint den Umweltsfaktoren hierbei die geringere Bedeutung zuzukommen.

Ein in der meeresbiologischen Literatur wiederholt auftauchendes Beispiel für die Schwierigkeit der Artabgrenzung bei Copepoden ist das Artenpaar *Calanus finmarchicus*[1]) (Gunn.) und *C. helgolandicus* (Claus). Ein Teil der Autoren hält sie für getrennte Arten, ein anderer erklärt *helgolandicus* als Synonym. Neuerdings hat Rees (1949) das Verhältnis beider Formen zueinander untersucht und festgestellt, daß *finmarchicus* in der NW-Region, *helgolandicus* in der SO-Region der Nordsee dominiert. Dabei bildet der Hauptteil der Nordsee eine Zone der Zwischenstufen, deren Ausdehnung und Grenzen von der Jahreszeit abhängen: durch warmes Wasser wird *helgolandicus*, durch kaltes dagegen *finmarchicus* gefördert. Wenn im August die Temperatur am höchsten ist, wird *finmarchicus* in weiten Teilen der Nordsee vernichtet, im Herbst und Winter aber durch Wassereinstrom aus NW wieder ergänzt, so daß der Bestand an jungen Stadien also aus dem Atlantik kommt. Dieser Bestand ist dann der Hauptteil der im Frühjahr laichenden Tiere. Daraus ergibt sich also eine deutliche Differenzierung, die aber nicht zu einer völligen Isolierung der

[1]) Hier sei die Hoffnung ausgesprochen, daß diese viel untersuchte Art wirklich zum „Haustier" der Meeresforschung und in starkem Maße zur experimentellen Nachprüfung der verschiedenen aufgeworfenen Fragen herangezogen werde.

Populationen führt. Es liegen nämlich offenbar die Fortpflanzungszeiten der vier beobachteten Generationen gleich, so daß im Übergangsgebiet Kreuzung möglich ist. REES ist aber geneigt anzunehmen, „that *'finmarchicus'* and *'helgolandicus'* may be members of the same species falling into a cline system (HUXLEY 1942), in which the gene complex in the northern forms determins a *'finmarchicus'* type, in the south-eastern forms a *'helgolandicus'* type".

Eine endgültige Klärung müßte einer Untersuchung vorbehalten bleiben, ob sich aus der Kreuzung *finmarchicus/helgolandicus* fruchtbare Nachkommen ergeben. Die enge genetische Beziehung zwischen beiden scheint mir aber offensichtlich. Bei der Lage des Verbreitungsgebietes beider Formen und ihrer ökologischen Differenzierung ist wohl mindestens der Schluß berechtigt, daß hier bei einer pelagischen Art eine genetische Divergenz vorliegt. Dabei ist bemerkenswert, daß Gestalt und Bezahnung des inneren Randes am 5. Basipoditen der ♀ im vierten Copepoditstadium noch eine gewisse gleitende Ausbildung haben, im fünften Stadium dagegen klar differenziert sind.

Aus den Angaben der interessanten Arbeit von WIBORG 1954 über die Copepoden der norwegischen Küste lassen sich zwei deutliche ähnlich gelagerte Beispiele entnehmen. Die beiden von SARS 1900 und 1903 beschriebenen *Microcalanus*arten *pygmaeus* und *pusillus* wurden von WITH 1915 und anderen Autoren für eine Art, teilweise für zwei zusammengehörige Unterarten gehalten, ein Zeichen für die große morphologische Übereinstimmung beider Formen. WIBORG rechnet jedoch mit zwei getrennten Arten: ihre allgemeine geographische Verbreitung ist unterschiedlich, *pygmaeus* hauptsächlich arktisch, *pusillus* vor allem boreal gemäßigt; im Zusammenhang damit ist ihre Tiefenverbreitung am gleichen Ort verschieden, *pygmaeus* als Tiefenform, *pusillus* in den höheren Schichten; im Vestfjord scheint *pygmaeus* nur eine Fortpflanzungsperiode zu haben und zeigt in der Größenordnung keine Variationen, wogegen *pusillus* mehrere Hauptfortpflanzungszeiten und zwei deutliche Größenmaxima im Laufe eines Jahres aufweist. Aus den vorliegenden Angaben muß der Eindruck entstehen, daß die Trennung beider Arten im Zusammenhang mit der ökologischen Differenzierung steht. — Ähnlich liegen die Verhältnisse bei dem Artenpaar *Pseudocalanus elongatus* BOECK und *minutus* KRØYER = *gracilis* SARS. *P. elongatus* ist ausgesprochen neritisch und epipelagisch, *minutus* dagegen ist eine nördliche und ozeanische Form, deren Vorkommen hauptsächlich unterhalb 50 m liegt; bei *elongatus* lassen sich drei bis fünf, bei *minutus* dagegen nur eine Fortpflanzungsperiode im Jahr nachweisen, und in gleichen Proben zeigt die Kaltwasserform *minutus* einen höheren Durchschnitt der Größe als *elongatus*. WITH u. a. halten beide Formen für Varietäten einer Art, WIBORG dagegen sagt „that they are two clearly defined species, with strictly different habitats", obwohl „it is very difficult to find any characteristics, in addition to the shape of the body and the different length of the second antennae, which clearly distinguish

P. elongatus from *P. minutus*" (l. c. p. 131). Hier wird die Frage der Differenzierung biologisch-ökologisch abgegrenzter Arten innerhalb der Grenzen einer morphologisch charakterisierten Art aufgeworfen.

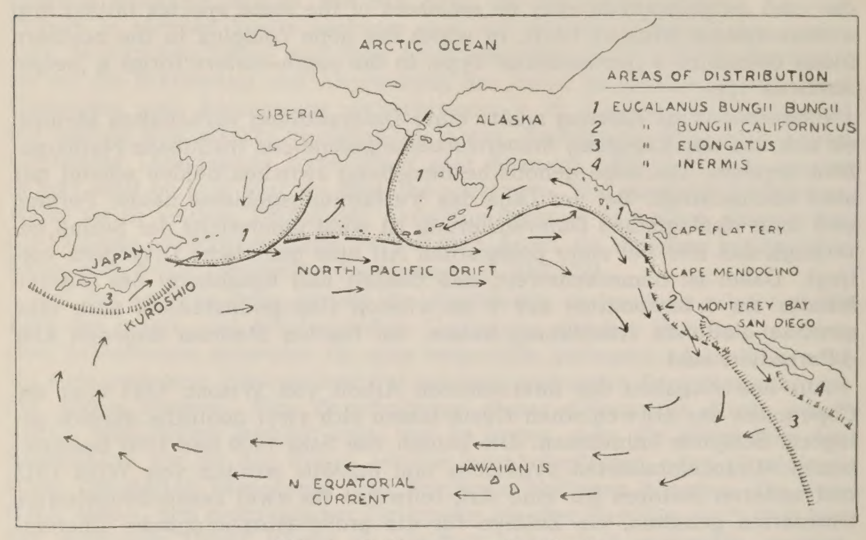


Abb. 1. Erläuterung im Text.

Zur Möglichkeit der Artbildung bei der Copepodengattung *Eucalanus* im nordpazifischen Küstengebiet äußerte sich Johnson 1940. Diese Gattung ist dort vertreten durch (s. Abb. 1)

E. inermis, vor der südkalifornischen Küste (4 in Abb. 1),

E. elongatus, nördlich und seewärts von *inermis* bis zu den Galapagosinseln und vor der japanischen Küste (3 in Abb. 1),

E. bungii bungii, von NO-Asien über die Beringsee, Alaska bis südl. Vancouver-Island (1 in Abb. 1),

E. bungii californicus, vor der nordamerikanischen Küste bis Vancouver-Island, nicht vor der ostasiatischen Küste (2 in Abb. 1).

Auf Grund der Morphologie und der Verbreitung der Tiere sowie der Richtung der Meeresströmungen hält Johnson es für wahrscheinlich, daß die stenotherme Warmwasserart *E. elongatus* von der Ostküste Nordamerikas aus nach Ostasien verfrachtet wurde. Von hier aus erfolgte Transport in die nördlichen Kaltwassergebiete, die normalerweise steriles Zerstreuungsgebiet für *elongatus* sind. Aus anpassungsfähigen Individuen jedoch entwickelte sich *E. bungii bungii,* von dem sich dann auf dem Wege südwärts an der ostamerikanischen Küste *E. bungii californicus* abspaltete, denn dieser ist von *elongatus* weiter entfernt als *bungii bungii.*

Sowohl bei *C. finmarchicus* als bei *Eucalanus* ist die Spezifikation an geographisch benachbarten oder getrennten Populationen der oberen Wasserschichten dargestellt. Steuer hat 1925 auf die Rassenbildung bei einem anderen Copepoden, *Pleuromamma gracilis* (Claus), hingewiesen, die sich in vertikaler Richtung vollzogen hat. Bei dieser Art wurden durch Messung eines großen Materials aus dem Benguelastrom drei Größenklassen festgestellt, von denen die größte in Tiefen unter 500 m, die kleinste in den oberflächlichen, die Zwischenform in den mittleren Wasserschichten vorkommt. Die nähere Analyse ergab nun, daß parallel zur Größe auch morphologische Merkmale variieren, und zwar am Genitalsegment der ♀ wie auch am Haken des fünften Beinpaares der ♂, also an Körperteilen, die bei der Kopulation in Tätigkeit treten. Besonders diese letzte Tatsache spricht dafür, daß es sich hier um Abänderungen handelt, die selbst dann, wenn sie als einfache Modifikationen unter dem Einfluß verschiedener Temperaturen betrachtet werden, für den Artbildungsprozeß bedeutungsvoll werden können. Bleiben diese Formen, wenn vielleicht auch nur zur Fortpflanzungszeit, infolge ihrer verschiedenen Größe mehr oder weniger getrennt, so vermag dieser Spezifikationsprozeß weiterzugehen bis zu einem Stadium, in dem die Abweichungen der Kopulationsorgane keine Vermischung mehr gestatten, die Gruppen also sexuell isoliert sind (s. S. 175/176). Steuer betrachtet dabei die Riesenrasse als die phylogenetisch jüngste.

Ähnliche Feststellungen hatte Ottestad 1932 an *Calanus acutus* in der Weddellsee gemacht: von den drei Größenklassen der Art entwickeln sich die beiden größeren in den kalten Oberflächenschichten mit antarktischem Wasser, die kleinere in dem tiefer gelegenen wärmeren und salzreicheren Wasser atlantischer Herkunft. Dabei liegen Unterschiede außerdem im Beginn der Fortpflanzungszeit und in der Herkunft der drei Gruppen, so daß auch hier Möglichkeiten zur Spezifikation günstig zu sein scheinen. (Vergl. auch Angaben von Bogorov 1932 über *Metridia longa* sowie von Bogorov und Preobrajenskaya 1934 über *Pareuchaeta norvegica* aus dem Barentsmeer.)

Besonders den Größenvariationen bei pelagischen Tieren müßte m. E. allgemein erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Über Copepoden liegen in dieser Hinsicht verschiedene Angaben vor, aus denen sich zunächst noch kein einheitliches Bild gewinnen läßt, die aber zeigen, daß bei dieser Gruppe eine erhebliche Plastizität besteht. Russell 1928c fand bei den drei Bruten eines Jahres von *Calanus finmarchicus* im Seegebiet von Plymouth, daß im Juli bis September die erwachsenen Tiere kleiner sind als die im April und Juni laichenden. Er nimmt an, daß große und kleine Generationen sich physiologisch verschieden verhalten, da die kleinen im Juli bis September sich näher an der Oberfläche halten als die großen Tiere. — Nach Bogorov 1933 ist in der Barentssee die Größenvariationskurve für die Copepoditstadien I, II und III eingipflig, für IV und V dagegen zweigipflig, ohne daß eine regional oder zonal unterschiedliche Ver-

teilung besonders erwähnt wird. BOGOROV vermutet, daß von Stadium IV an die sexuelle Differenzierung beginnt und Ursache für die großen Variationen ist. — Im Clyde-Seegebiet fand MARSHALL 1933 ebenfalls zweigipflige Kurven, wenn er die Stadien IV und V aus 30 bis 0 m mit denen aus 160 bis 30 m verglich; er konnte jedoch keine morphologischen Unterschiede erkennen. — Für *Sagitta elegans* und *setosa* hat RUSSELL 1932/33 ebenfalls derartige von den Jahreszeiten abhängige Größenvariationen aufeinanderfolgender Generationen nachgewiesen. Diese erhalten ein besonderes Gewicht, weil dabei eine offenbar unterschiedliche Vermehrungsziffer festgestellt werden kann.

Die angeführten Beobachtungen lassen sich durchaus im Sinne eines Saisondimorphismus auffassen, wie er von limnischen Formen lange bekannt ist. Ähnliche Beobachtungen liegen vor über die marine Cladocere *Evadne nordmanni* (HENSEN 1889, LILLJEBORG 1900, RAMMER 1930, JÖRGENSEN 1933) sowie über verschiedene Copepoden (s. z. B. ADLER u. JESPERSEN 1920, USSING 1938, SEWELL 1948, WIBORG 1954). Es ist nicht möglich, in diesem Zusammenhang diesen ganzen Fragenkomplex eingehend zu behandeln, doch sind einige Ausführungen notwendig. ADLER und JESPERSEN 1920 fanden bei *Pseudocalanus elongatus* und *Temora longicornis* jahreszeitlichen Wechsel der Größe, und zwar bei der erstgenannten Art ein Maximum im April, bei der zweiten Art am gleichen Ort (Horns Riff und Anholt Knob) noch ein zweites Maximum im November/Dezember. In grönländischen Gewässern beobachtete USSING 1938 Größenvariationen bei *C. finmarchicus* und *Microcalanus pygmaeus*, während *Metridia longa* eine eingipflige Variationskurve zeigte. Ausgedehnte Beobachtungen und Messungen machte WIBORG 1954 an Copepoden der norwegischen Westküste, wobei sich ebenfalls ein unterschiedliches Verhalten der Arten ergab: ausgesprochene jahreszeitliche Variationen zeigten *C. finmarchicus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Microcalanus pusillus* sowie die beiden *Metridia*arten *lucens* und *longa*, wogegen *Calanus hyperboreus*, *Pseudocalanus minutus*, *Microcalanus pygmaeus* und *Pareuchaeta norvegica* keine oder nur sehr geringe Änderungen erkennen ließen. Weitere Beispiele eines derartigen Saisondimorphismus erwähnt SEWELL 1948 in seinem umfassenden Werk.

Eine eingehende Analyse dieser Erscheinung ist einstweilen nicht möglich. Sie wird in Zusammenhang gebracht mit der Einwirkung der Temperatur auf die empfindlichen Jugendstadien. Für diese Auffassung könnte folgendes sprechen: aus den Daten von WIBORG (l. c.) läßt sich entnehmen, daß im allgemeinen die Arten der norwegischen Küste jahreszeitliche Größenvariationen zeigen, die mehrere Fortpflanzungsperioden im Jahre haben (*Cal. finmarchicus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Microcalanus pusillus*, *Metridia lucens* und *M. longa*). Keine oder nur geringe Größenvariationen zeigen *Cal. hyperboreus*, *Pseudocalanus minutus*, *Microcalanus pygmaeus*, für die nur eine Fortpflanzungsperiode angegeben ist. Es hat den Anschein, als liege hier eine Regelmäßigkeit vor, zumal *Metridia longa* in grönländischen Gewässern entgegen ihrem Verhalten in Norwegen nur eine Gene-

ration und keine Variation (nach USSING 1938) zeigt. Die Ausnahme von der Regel ist aber ebenfalls aus WIBORGS Angaben zu entnehmen: *Pareuchaeta norvegica* laicht fast das ganze Jahr hindurch mit zwei Maxima, zeigt aber, wenn überhaupt, nur sehr geringe Variationen.

Es wäre weiterhin zu untersuchen, ob die Temperatur unmittelbar auf die Wachstums- und Reifungsprozesse und dadurch auf die Größe der Tiere einwirkt, oder mittelbar durch Änderung der Dichte des Wassers, ob etwa die Sukzession im Phytoplankton und damit u. a. Ernährungsbedingungen die entscheidende Rolle spielen, oder ob ganz andere Faktoren Ursache der Größenvariationen sind. So hat z. B. GURNEY 1929 für den Süßwassercopepoden *Diaptomus laticeps,* bei dem in der gleichen Population zur gleichen Zeit zwei Größengruppen auftreten, angenommen, daß die größeren Tiere, „high form", Stadium VII, durch eine Extrahäutung im erwachsenen Stadium VI entstehen. Ein solches Verhalten ist aber für echt marine Copepoden m. W. noch nicht beobachtet worden.

Saisondimorphismus, Temporalvariationen und Cyclomorphosen als solche sind noch keine Spezifikationserscheinungen, sie zeigen jedoch die Reaktionsfähigkeit und Reaktionsrichtung der Organismen und geben zum mindesten Hinweise, welche Faktorenänderungen reaktionsauslösend wirken.

Als weiteres vielfach erwähntes Phänomen sind die Größendifferenzen bei Angehörigen gleicher Arten aus geographisch getrennten Gebieten anzuführen. Die hierüber vorliegenden Angaben sind so umfangreich, daß sich ihre Anführung im einzelnen verbietet, zumal ihnen mit einer gewissen Skepsis begegnet werden muß, weil nämlich 1. die Zahl der Messungen vielfach so gering ist, daß keine variationsstatistische Sicherung vorliegt, und weil 2. die Aufsammlungen in den meisten Fällen zu nicht vergleichbarer Zeit und mit nicht vergleichbaren Methoden gemacht sind. In manchen dieser Beobachtungen werden parallel zur Größenvariation auftretende morphologische Abweichungen mitgeteilt (z. B. STEUER 1925, 1933 für *Pleuromamma robusta*), so daß die eingehende Untersuchung dieses ganzen Fragenkomplexes wertvoll wäre. Die gleiche Erscheinung ist ja auch bei Fischen bekannt, wobei dem Hinweis auf den Hering lediglich ein von BRUUN 1936 gegebenes Beispiel hinzugefügt sei. Nach diesem besitzt der in allen drei Ozeanen äquatorial verbreitete *Nessorhamphus danae* 135—145, der subtropisch verbreitete *N. ingolfianus* dagegen 149 bis 152 Myomere, so daß auch hier eine fein abgestufte Reaktionsfähigkeit auf relativ geringe Temperaturdifferenzen vorzuliegen scheint.

Versucht man die verschiedenen Größenvariationen unter einem einheitlichen Gesichtspunkt zu sehen, so entsteht der Eindruck, als seien die größeren Formen an kälteres, die kleineren Formen an wärmeres Wasser gebunden. Von diesem fast regelhaften Verhalten gibt es verschiedene Ausnahmen, von denen der Seestichling *Spinachia* als Beispiel genannt sei. JOHNSON 1944 findet innerhalb des Gesamtareals der Art die klein-

sten Tiere an der nördlichen Verbreitungsgrenze und erklärt diese Erscheinung daraus, daß der Lebenszyklus überall einjährig ist, so daß den Tieren bei der spät einsetzenden, weil temperaturabhängigen Ei- und Larvenentwicklung nur eine kurze Wachstumsphase bis zum Eintritt der Geschlechtsreife bleibt. Für die Evolution kann diese Erscheinung bedeutungsvoll werden durch Korrelation geringer Größe mit geringer Eizahl, wie sie folgender Auszug aus der Tabelle von JOHNSON zeigt:

Ort	Länge der Tiere in mm	Zahl der Eier
Helgoland	171	1146
"	165	460
Plymouth	157	402
Trondheimsfjord	120	108
Lofoten	98	100.

Wenn *Spinachia* auch eine neritische, dem Phytal angehörende Art ist, so kann doch kaum ein Zweifel bestehen, daß sich auch bei pelagischen Formen ähnliche Erscheinungen finden lassen werden.

Von vornherein wird man geneigt sein, derartige Variationen als Modifikationen aufzufassen, die mit dem Artbildungsprozeß unmittelbar zunächst nichts zu tun haben, und man wird einige Zurückhaltung üben gegenüber der von MARSHALL (l. c. p. 128) gezogenen Folgerung: „. . . , and the tendency can perhaps be regarded as the first step in the process which STEUER has studied, the process by which a small surfaceliving variety becomes separated off from a larger deep water species". Diese Zurückhaltung wird deshalb walten, weil eine gewisse Isolation vorhanden sein muß für die Artbildung und weil die genetische Fixierung dieser Variationen eine durchaus offene Frage ist. Es bleibt immerhin auffällig, daß nicht nur innerhalb von Arten Größenvariationen in offensichtlicher Abhängigkeit von der Temperatur auftreten, sondern daß auch Artenpaare innerhalb von Gattungen, und Artengruppen innerhalb höherer systematischer Kategorien ähnliche Relationen zeigen. Weitere Forschung in dieser Richtung könnte sicher manches über den Artbildungsprozeß im marinen Pelagial klären, zumal die dimensionale Ausdehnung des Lebensraumes nicht nur Vergleiche geographischer Regionen, sondern am gleichen Ort auch Vergleiche verschieden tiefer Horizonte gestattet. Die größere Schwierigkeit des seitlichen Austausches durch Strömungen ist dabei allerdings nicht zu übersehen.

IV. Selektionsfaktoren.

Ein Urteil über die selektiv wirkenden Faktoren im marinen Pelagial ist nur durch Überlegungen zu gewinnen und stützt sich großenteils auf Vermutungen, da direkte Beobachtungen so gut wie ganz fehlen. Hier mögen daher nur einige Beispiele genannt werden.

Bei den Planktern wird seit langem eine Anzahl sehr verschiedenartiger Formtypen unterschieden (scheiben-, stab-, kugelförmig, stark beborstet usw.), die mit der Schwebefähigkeit in Zusammenhang gebracht werden, und zwar insbesondere mit der Erhöhung des Formwiderstandes zur Herabsetzung der Sinkgeschwindigkeit. In gleicher Richtung liegt die Ausbildung von Gallerten, flüssigkeits- oder gasgefüllten Hohlräumen, die eine Herabsetzung des Übergewichtes bewirken und daher ebenfalls die Sinkgeschwindigkeit beeinflussen. Da die Sinkgeschwindigkeit weiterhin abhängig ist von der Dichte des Wassers, dürfte in dieser der wesentliche Selektionsfaktor zu suchen sein. Dabei ist besonders bemerkenswert, daß der gleiche Anpassungserfolg ganz offenbar auf sehr verschiedenem Wege erzielt wird. Dafür spricht, daß die verschiedenen Formtypen innerhalb der verschiedenen pelagisch lebenden Ordnungen auftreten können. Eine weitere Stütze für diese Deutung könnte gewonnen werden, wenn die räumliche Verteilung der Formtypen in Beziehung gesetzt werden könnte zur räumlichen und zeitlichen Verteilung der Wasserdichte. Dazu reicht das vorliegende Beobachtungsmaterial leider noch nicht aus, doch kann wohl die oben angeführte Verteilung der Größenklassen innerhalb der Arten und Ordnungen hier angeführt werden.

Aus zahlreichen Untersuchungen über die geographische Verteilung der pelagischen Arten ergibt sich vielfach eine strenge Bindung an relativ eng begrenzte Temperaturbereiche, die sich vor allem bei Formen des tropischen Oberflächenwassers ausprägt. Als Folge einer sehr engen Temperaturtoleranz muß z. B. die „bitropische" (Bruun 1935) Verbreitung betrachtet werden. Diese drückt sich darin aus, daß ausgesprochene Warmwasserformen, die auf die zirkumtropische Region beschränkt sind, das Gebiet des thermischen Äquators meiden, so daß innerhalb des Warmwassergebietes eine Disjunktion entsteht. Derartige Beobachtungen liegen vor für die Pteropoden *Styliola subula* und *Cavolinia gibbosa* (nach Meisenheimer 1905, 1906, Tesch 1946), für die Copepodengattung *Copilia* (nach Lehnhofer 1926) und für mehrere *Exocoetidae* (nach Bruun 1935), so daß die Realität dieser Erscheinung sichergestellt zu sein scheint. Beispielhaft scheint mir auch, daß von Russell 1932 und 1933 der Temperaturbereich für die Fortpflanzung der Population von *Sagitta elegans* im Gebiet von Plymouth höchstens 4° C (10—14°), für *S. setosa* sogar noch weniger umfaßt.

Damit ist zunächst ausgedrückt, daß die Durchschnittstemperatur selektiv wirkt und daß unter Umständen kleine Mutationen im physiologischen Verhalten gegenüber der Temperatur Selektionswert erhalten können. Zieht man in Betracht, daß in gemäßigten Breiten die Temperaturschwankungen der Oberfläche größere Amplituden zeigen als in den Warm- und Kaltwassergebieten oder in größeren Tiefen, so wird man auch darin eine Möglichkeit sehen können.

Thorson 1950 hat in eingehenden Untersuchungen die Verteilung benthonischer Invertebraten, besonders der Prosobranchier, mit pelagischer und

nichtpelagischer Larvalentwicklung dargestellt und gezeigt, daß in den Kaltwassergebieten die nichtpelagische, in Warmwassergebieten dagegen die pelagische Entwicklung überwiegt und Zwischengebiete entsprechende Zwischenstufen zeigen. Diese genetisch fixierten Typen müssen ihre Entstehung einem Selektionsvorgang verdanken, und THORSON sieht als wesentlich hierbei an, daß in den arktischen und antarktischen Flachwassergebieten die Zeit der Phytoplanktonblüte außerordentlich kurz ist. In der kurzen Zeit von wenigen Wochen müßte bei Temperaturen von 1 bis 4° C die Larvalentwicklung durchlaufen werden, da das Phytoplankton für die pelagischen Larven die Ernährungsgrundlage darstellt, außerdem müßte die Fortpflanzungsperiode örtlich sehr genau mit der Phytoplanktonentwicklung abgestimmt sein. Diese extremen Bedingungen wirkten selektiv, zumal einer erhöhten Körpergröße bei Beginn der Larvalentwicklung ein positiver Selektionswert insofern zukommt, als weniger Nahrung zum Abschluß der Entwicklung gebraucht wird und die Konkurrenz bei der Gewinnung der Nahrung erleichtert ist.

In ähnlicher Weise hat MARSHALL 1953 bei arktischen und antarktischen sowie Tiefseefischen größere Eier gefunden als bei ihren in gemäßigten Breiten lebenden Verwandten und nimmt dafür ähnliche Selektionsfaktoren an. Außerdem betont er, daß größere Larven eine kleinere Oberfläche im Verhältnis zum Volumen haben als kleinere Larven, infolgedessen die im Stoffwechsel entwickelte Wärme weniger schnell abgegeben wird und so zur Beschleunigung des Entwicklungsablaufes beitragen kann.

Nahrungsarmut und Temperatur wird hier also entscheidende Selektionswirkung für die Ausbildung verschiedener Entwicklungstypen bei Tieren des Benthals zugesprochen. Wenn wir unter den pelagischen Tieren auch noch keine derartigen abgestuften Reihen von Entwicklungstypen mit der wünschenswerten Klarheit nachweisen können, so dürfen wir doch folgern, daß die gleichen Selektionsfaktoren auch im Pelagial wirksam sind. Das findet bereits eine gewisse Bestätigung in dem von MARSHALL angeführten Beispiel, wonach die neritischen Arten der fliegenden Fische, die unter günstigeren Ernährungsbedingungen aufwachsen, kleinere Eier und damit kleinere Larven zur Zeit des Schlüpfens haben als die ozeanischen Arten. Diese Größenunterschiede in den Eiern stehen nicht in Korrelation zur Körpergröße der erwachsenen Tiere. Eine Analyse der Eizahl und Eigröße etwa bei Copepoden könnte hier weitere interessante Zusammenhänge aufdecken.

Wenn von der Temperatur als ökologischem Faktor die Rede ist, so wird man sich immer vergegenwärtigen müssen, daß sie vermutlich oft weniger unmittelbar als vielmehr in engster Korrelation mit anderen Faktoren wirken und aus diesem Grunde schon bei relativ geringen Änderungen wesentlichen Einfluß ausüben kann. Derartige Korrelationen bestehen zweifellos zwischen Temperatur und Salzgehalt, wie sich aus der Häufigkeit terrestrischer und limnischer Tiere marinen Ursprungs in den Tropen-

gebieten ableiten läßt. Neuerdings (1953) haben COLLIER et all. ein weiteres Beispiel gegeben, da sie feststellten, daß die Auster *Crassostrea virginica* mit Schalenbewegungen und Pumprate auf gewisse organische Stoffe reagiert, die sich auf Grund des N-ethylcarbacol-Testes als Kohlehydrate erwiesen. Die Austern nehmen unterschiedliche Mengen dieser Kohlehydrate (bis zu 50 mg pro Stunde) aus dem Seewasser auf. Jede Auster scheint einen Schwellenwert für die Menge benötigter Kohlehydrate zu haben, unterhalb dessen sie nicht pumpt. Dieser Schwellenwert steigt mit zunehmender Temperatur. Es ist daher klar, „that water temperatures above 25° C are unfavorable for oysters in regions in which the carbohydrate concentration is low“, p. 181. Aus der Änderung des Kohlehydratgehaltes im Licht und im Dunkeln sowie bei Durchlüftung wird gefolgert, daß sie durch Tätigkeit von Organismen entstehen.

Die Eigenfarbe des Wassers wie die gesamten Lichtverhältnisse mit ihrer starken vertikalen Veränderung dürften bei Färbungsvarianten, Ausbildung der Sinnesorgane, Nahrungserwerb, Paarungsmöglichkeit usw. eine bedeutsame Selektionswirkung entfalten, vor allem in Verbindung mit dem Kampf ums Dasein gegen die übrige Lebewelt des Pelagials. Bei diesem spielen u. a. z. B. rheotaktische Reaktionen sowie die Entwicklung von Stacheln und Borsten eine Rolle als Schutz gegen die Vernichtung durch Strudler und Filtrierer. Von hier aus gesehen gewinnt auch die Entwicklung der durchsichtigen Gallerten und die häufig zu beobachtende Transparens der pelagischen Tiere ihre besondere Bedeutung, da sie als Anpassungerscheinungen an das durchsichtige Medium und Schutz gegen Gefressenwerden aufgefaßt werden können. Die meist düsteren Farbtöne der Bewohner aus lichtschwachen und lichtlosen Tiefen sprechen für diese Auffassung.

Da Parasitismus ebenfalls selektierend wirken kann, seien folgende Beispiele vermerkt: Bei *Sagitta* zeigen die Ovarien der durch Nematoden oder Trematoden parasitierten Tiere keine Entwicklung (RUSSELL 1932), so daß damit unter Umständen bestimmte Genkombinationen ausgeschaltet werden können. Bei *Calanus finmarchicus* stellten MARSHALL, NICHOLLS und ORR 1934 über 21 % parasitierter Tiere fest, von denen mehr als die Hälfte von dem stark schädigenden Dinoflagellaten *Syndinium* befallen waren. DAMAS berichtet 1936 von einer in *Tomopteris Nisseni* parasitierenden Narcomeduse, die 16 % der gefangenen Würmer befallen hatte und Kastration bewirkt, so daß Änderungen im Allelbestand der *Tomopteris*-Populationen möglich sind. Nach HÖHNK und VALLIN 1953 wird der Copepode *Eurytemora* in der Ostsee bisweilen durch einen Pilz stark dezimiert. Besondere Bedeutung dürfte dem Parasitismus dadurch zukommen, daß er jahreszeitlich in verschiedener Stärke auftritt und damit die sich folgenden Generationen in unterschiedlichem Maße beeinflussen kann.

In Verbindung mit Massenvermehrung gewisser Phytoplankter, besonders von Dinoflagellaten, ist Massensterben tierischer Bewohner des

Pelagials beobachtet worden, das auf Änderungen im Chemismus des Wassers bzw. auf Giftwirkung der Stoffwechselprodukte der Flagellaten zurückgeführt wird. Resistente Mutanten können dabei die Grundlage für die Wiederentfaltung der Population werden, so daß damit eine Veränderung im Genbestand eintreten kann.

Ob gewisse Spurenelemente eine Wirkung auf die Entwicklung der Plankter haben, die der Abhängigkeit der Austernlarven von Kupfer vergleichbar wäre, ist nicht bekannt, mindestens aber als möglich anzusehen.

Mit zunehmender Tiefe nimmt die Besiedlungsdichte ab, denn einerseits sind die Phytoplankter an die oberen, genügend durchleuchteten Schichten gebunden, andererseits erleidet die absinkende Masse geformter organischer Substanz bei jedem Durchgang durch ein Glied der Nahrungskette eine erhebliche Verminderung. Infolgedessen wirkt dieser Mangel an Nahrung in der Tiefe selektiv auf die Ausbildung der Organe des Nahrungserwerbs: die Zahl der Strudler und Filtrierer nimmt nicht nur absolut, sondern auch prozentual zu den Räubern ab, und bei diesen fällt die Entwicklung der Greifapparate, z. B. in der Zahnbewaffnung, Maul- und Magengröße vieler Tiefseefische auf. Günther 1950 hat dargetan, wie sich im Zusammenhang mit der relativen Nahrungsarmut in der Tiefsee bei Tiefseefischen eine „Durchbrechung der Regel vom relativen Brockengrößenanspruch" erkennen läßt und welche morphologischen Änderungen am Kopf dieser Tiere eingetreten sind, die zu zum Teil einzig dastehenden Funktionstypen bei Wirbeltieren geführt haben. Für Wirbellose sind mir keine Beispiele bekannt, die hiermit verglichen werden könnten. Die geringe Besiedlungsdichte wirkt sich zweifellos ebenso auf den Entwicklungsgrad der Bewegungsorgane und vermutlich auch auf die Einrichtungen zur Sicherung der Fortpflanzung (Finden der Geschlechter, Kopulation, Zahl der Nachkommen, Brutpflege) aus, ohne daß wir darüber schon jetzt bindende Aussagen machen könnten (bezügl. der Eigröße von Tiefseefischen s. S. 172).

Diese wenigen Beispiele bereits lassen erkennen, daß im marinen Pelagial trotz seiner Kontinuität und trotz seiner relativ großen Gleichförmigkeit wie in anderen Bezirken selektiv wirkende Faktoren erkennbar sind. Sie sind noch nicht mit der wünschenswerten Schärfe zu umreißen, ihr Wirkungsgrad noch nicht abzuschätzen, ihre Wirksamkeit ist jedoch aus den im vorhergehenden Abschnitt angeführten Beispielen ersichtlich.

V. Möglichkeiten der Isolation.

Die Kontinuität des Mediums scheint Möglichkeiten zur Isolierung von Populationen oder Teilen von solchen auf den ersten Blick auszuschließen, tatsächlich sind sie aber in sehr verschiedener Weise gegeben und beruhen anscheinend in beträchtlichem Maße auf einer geringen ökologischen Valenz vieler Arten, die vielfach beobachtet werden kann.

Nebenmeere sind durch aufragende Schwellen von den Weltmeeren abgegliedert, so daß eurybathen Tiefseetieren der Zugang zu ihnen im allgemeinen versperrt ist (z. B. Mittelmeer, Nordmeer, Rotes Meer, Ostsee). Diese Abriegelung bewirkt gleichzeitig starke hydrographische Differenzen gegenüber dem Weltmeer, so daß bei gelegentlichem aktivem oder passivem Eindringen abgesonderte Populationen entstehen können. So zeigt der bathypelagische Fisch *Myctophum glaciale*, dessen Hauptverbreitungsgebiet im Atlantik liegt, im Mittelmeer eine kleine Form var. *thori* Tåning 1918, die bereits mit einem Jahre geschlechtsreif wird, während die atlantische Form im allgemeinen nach zwei Jahren, in nördlichen Gewässern aber erst nach drei Jahren laicht (Johnson 1922). Nach Ege und Schmidt zeigen auch andere Fischarten, z. B. der Gattungen *Stomias, Argentina, Gadiculus, Gadus*, ähnliche Unterschiede zwischen mediterranen und atlantischen Formen, und Johnson (l. c.) folgert: „... the differences shown at present by the Mediterranean forms, I think must be regarded as the result of adaptation to the special hydrographical conditions of this almost closed-in sea. This is especially the case as regards those forms which are sub-specifically or racially distinct from the Atlantic forms, which the origin of those Mediterranean forms, which must be regarded as good species, may date further back" (p. 45). Inwieweit die mittelatlantische Schwelle und die an diese nach Osten und Westen anschließenden Schwellen für Tiefseetiere Grenzen darstellen, kann noch nicht gesagt werden. Die weit nach Süden reichenden Kontinente bedeuten zum mindesten für die Gesamtheit der epipelagischen Warmwasserfauna eine Trennung, die sich im Unterschied der Faunen ausprägt.

Nach den Ergebnissen der hydrographischen Untersuchungen neuerer Zeit müssen wir damit rechnen, daß einzelne Wasserkörper, durch Strömung usw. von einer größeren Wassermasse getrennt, relativ lange ihre Individualität bewahren und somit die in ihnen enthaltene Lebewelt isolieren. Eine solche Isolation muß als bedeutungsvoll angesehen werden, wenn sie die Population in einem für die Generationsfolge günstigen Augenblick trifft.

Bei dem Copepoden *Calanus acutus* zeigte Ottestad 1932, wie in der Weddellsee eine Isolierung von Populationen möglich ist: Ein Teil der Tiere bleibt in den oberflächlichen Schichten (0 bis 200 m) antarktischen Wassers und wird hier mit den Strömungen verfrachtet, ein anderer Teil lebt zur Hauptsache im Wasser atlantischen Ursprungs unter 200 m. Beide Teile haben einen unterschiedlichen Beginn der Fortpflanzungszeit, so daß zu der räumlichen die sexuelle Isolierung hinzu kommt.

Nach Kramp 1917 scheint *Sagitta elegans* in Westgrönland hauptsächlich im Herbst zu laichen, während Ussing 1938 die Eier in Ostgrönland von Ende Februar bis in den Juni hinein fand. Auch hier scheint also eine Kreuzung der Populationen und damit ein Genaustausch wenig möglich.

Deevey 1952 fand im Block Island Sound getrenntes periodisches Auftreten von *Podon leuckarti* und *P. intermedius*, und zwar wurde erstgenannte Art im Frühjahr, die zweite im Sommer und Herbst beobachtet. Da sich nach Rammner 1930 auch im gesamteuropäischen Meeresraum unterschiedliche Temperaturansprüche beider Arten erkennen lassen, halte ich es für mögölich, daß eine differenzierte Abhängigkeit von der Temperatur (u. a. damit korrelierter Faktoren) zunächst zu einer genetischen Isolierung und dann zur Herausbildung getrennter Arten führte.

Der Hering zeigt in den Frühjahrs- und Herbstlaichgemeinschaften Populationen, die sexuell isoliert scheinen. Gerade hier hat man viel von Rassen gesprochen, doch dürfte die Bezeichnung „Laichgemeinschaften" richtiger sein. Besonders wichtig wäre zu klären, in welchem Maße eine Vermengung zwischen diesen Laichgemeinschaften außerhalb der Fortpflanzungszeit stattfindet. Ließe sich nachweisen, daß auch dann eine Trennung bestehen bleibt, so wären zweifellos günstige Voraussetzungen für genetisches Divergieren gegeben.

Bei der wesentlich stärkeren Gliederung des neritischen Bereiches können wir hier mit stärkerer Isolierung rechnen und dadurch mit einer stärkeren Artenentwicklung. Aus einzelnen Verwandtschaftskreisen ergibt sich eine gewisse Bestätigung dieser Überlegung, stehen doch z. B. bei den Acartien des Mittelmeeres nach Steuer 1929 zwei ozeanischen vier neritische Arten gegenüber. Hier kann allerdings kaum eine allgemein gültige Regel gesucht werden, da beispielsweise die Appendicularien mit ganz wenigen Ausnahmen die neritischen Gebiete meiden. Und doch ist hier eine der Möglichkeiten zur Isolierung von Populationen besonders deutlich.

In der Gattung *Paracartia* sind *P. dubia* im Golf von Guinea, *P. latisetosa* im östlichen Mittelmeer und Schwarzen Meer verbreitet und daher als Warmwasserform anzusprechen. *P. grani* ist in Bergen und Le Croisic gefunden, also im borealen Gebiet, hier jedoch an Lokalitäten, die eine besondere Erwärmung erfahren und höhere Salzkonzentrationen erreichen. Sars ist der Meinung, daß die zwischen *P. grani* einerseits und *P. dubia* und *latisetosa* andererseits bestehende Disjunktion aus einem Reliktcharakter von *P. grani* zu verstehen sei, die als wärmeliebende Form aus einer Zeit mit höheren Temperaturen in besonderen Habitaten zurückgeblieben sei. Es kann also auch auf diese Weise zur Isolation von Populationen im neritischen Pelagial kommen, und möglicherweise ist die Entwicklung der drei genannten Arten durch die räumliche Trennung bedingt, wenn nicht ganz andere Voraussetzungen vorliegen, wie sie Labbé 1920 darstellt. Dieser glaubt nämlich, durch Freilandbeobachtungen festgestellt zu haben, daß sich unter den in einem Salinengraben gegebenen Bedingungen die F^1-Generation einer eingewanderten *Acartia clausi*-Population zu *P. grani* entwickelte. Diese Möglichkeit bedürfte jedoch einer experimentellen Nachprüfung, ehe sie in ihrer Bedeutung für den

hier behandelten Fragenkomplex und für die Systematik weiter diskutiert würde.

Ein weiteres Beispiel einer Disjunktion innerhalb einer Gattung stellt nach LOHMANN 1914 die Appendicularie *Megalocercus* dar. Von dieser wurden festgestellt: *M. abyssorum* im Mittelmeer, *M. atlanticus* im westlichen Atlantik vor der brasilianischen Küste, *M. huxleyi* im Indik und Westpazifik. Sofern die großen Verbreitungslücken wirklich real und nicht als Untersuchungs- und Kenntnislücken zu betrachten sind, dürfte die Isolation wesentlich mitgewirkt haben bei der Ausbildung je einer Art in den räumlich so weit getrennten Gebieten. Dabei bleibt unentschieden, ob die Disjunktion entstand durch Reduktion eines ehemals einheitlichen Verbreitungsareals oder durch Verfrachtung von Teilpopulationen, die unter besonderen Umständen stattgefunden haben könnte. Bei der Auflösung eines ehemals einheitlichen Areals kann eine Verdrängung durch ökologisch überlegene Arten oder durch großräumige hydrographische Veränderungen in Betracht kommen.

Auf eine disjunktive Verbreitung eines bathypelagischen Fisches, *Hoplostethus mediterraneus* wies KOTTHAUS 1952 hin. Die Art wurde bisher gefangen im westlichen Mittelmeer, in dem Gebiet zwischen Südirland und den Kap Verdischen Inseln im Ostatlantik, in der Karibischen See, im Golf von Mexiko und vor der amerikanischen Atlantikküste bis 40° N. Eine morphologische Differenzierung scheint in beiden Arealen nicht vorhanden zu sein.

Von besonderem Interesse sind einige atlantisch-indische Disjunktionen, die sowohl pelagische als benthonische Arten betreffen: Die Mysidacee *Petalophthalmus oculatus* ist aus dem Tiefenwasser des Indischen Ozeans und der Karibischen See bekannt (TATTERSALL 1939). BARNARD 1937 führt von den Amphipoda Gammaridea u. a. *Koroga megalops* aus der südlichen arabischen See einerseits und von Alaska (nach HOLMES) und südlich Island (nach STEPHENSEN) andererseits an, *Thoriella islandica* von 61° 30' N 17° W und aus dem Persischen Golf, nachdem er bereits früher den Isopoden *Aega ventrosa* aus dem nördlichen Atlantik und dem nördlichen Teil der arabischen See sowie von den Malediven angegeben hatte. SEWELL 1947 nennt insgesamt 21 Tiefsee-Copepoden indischer Gewässer, die außerdem nur im atlantischen Ozean nachgewiesen wurden.

Selbstverständlich ist bei Beurteilung dieser Disjunktionen, die vor allem Tiefseeformen betreffen, die Frage berechtigt, ob es sich nicht eher um Kenntnislücken als um tatsächliche Lücken in der Verbreitung handelt. Diese Deutung muß jedenfalls im Auge behalten werden, wenn man die von BARNARD angedeutete Möglichkeit beurteilen will: „Is it too unreasonable to regard these deep-water forms from the Arabian Sea as relics of the Cretaceo-Tertiary Sea of Tethys?" (l. c. p. 132). Die Bedeutung der gegenwärtigen Tiefenströmungen für die Verbreitung der Organismen müßte in besonderem Maße berücksichtigt werden, und der ganze

Fragenkomplex würde noch mehr an Interesse gewinnen, wenn derart diskontinuierliche Verbreitung von pelagischen Zwillingsarten wie bei der Gattung *Megalocercus* herausgestellt werden könnte, da solche für litorale Formen mehrfach bekannt ist.

Nahe verwandte Arten zeigen im gleichen Gebiet häufig jahreszeitlich verschieden gelegene Fortpflanzungszeiten. Diese Erscheinung kann u. U. so gedeutet werden, daß innerhalb einer Art im Zusammenhang mit der Phytoplanktonsukzession eine Nahrungsspezialisierung eintrat, die zu zwei zeitlich getrennten Fortpflanzungsgemeinschaften führte und damit die Spezifikation einleitete. Ein Beispiel für zwei getrennte Häufigkeitsmaxima nahe verwandter Arten sei angeführt: In La Jolla hat *Acartia clausi* ihr Maximum von Februar bis April, *A. tonsa* dagegen im Juli.

Wir können also als gesichert ansehen, daß auch im marinen Pelagial geographische, ökologische und sexuelle Isolierung von Populationen eintreten kann, so daß auch dieser wichtige Evolutionsfaktor gegeben ist. Zur Isolation durch Bildung ökologischer Nischen s. S. 181.

VI. Populationswellen.

Schwankungen im Individuenbestand der Populationen, Populationswellen, sind in vielen Fällen beobachtet, jedoch nur in geringem Maße analysiert worden. Entgegen der früher besonders von Hensen vertretenen Auffassung von der gleichförmigen Verteilung des Planktons muß heute die Ansicht als gesichert gelten, daß das Plankton unregelmäßig, fleckenhaft, verteilt ist, daß sich also mehr oder weniger deutlich gegeneinander abgegrenzte Populationen erkennen lassen. Dabei bleibt allerdings die Frage offen, wie wirksam diese Abgrenzung auf die Zeit hin gesehen ist. Am gleichen geographischen Ort sind zur gleichen Jahreszeit aufeinander folgender Jahre in den meisten Fällen zwar Ähnlichkeiten in der Zusammensetzung der pelagischen Fauna vorhanden, fast stets aber Verschiedenheiten in der Individuendichte der verschiedenen Arten. Derartige Fluktuationen werden im neritischen Bereich besonders sichtbar, wenn je nach Wetterlage und Strömungsverhältnissen aus den näheren und weiteren Seegebieten Organismen in Buchten eingeströmt werden. Bei benthonischen Formen sind derartige Fluktuationen vielfach beobachtet und besonders in Zusammenhang gebracht worden mit der Entwicklungsmöglichkeit ihrer pelagischen Larven. Diese ist in starkem Maße abhängig von der Entwicklung des Phytoplanktons, und da die pelagische Tierwelt allgemein direkt oder indirekt die gleiche Abhängigkeit besitzt, darf mit einer ähnlichen Wirkung auf deren Bestandsdichte gerechnet werden, wenn auch nicht zu verkennen ist, daß bei den benthonischen Formen die Metamorphose vom pelagischen zum benthonischen Stadium nochmals eine besonders kritische Phase darstellt, die allein schon zu starken Schwankungen im Individuenbestand führen kann.

Eine Analyse zahlreicher Expeditionsberichte ergibt, daß in fast allen größeren Aufsammlungen irgendeiner systematischen Gruppe einige wenige Arten dominieren, alle anderen Arten dagegen individuenmäßig zurücktreten. Bei Berücksichtigung der verschiedenartigen Fangmethoden, der unterschiedlichen Fanggebiete und Jahreszeiten zeigt sich, daß die in einem Falle dominierenden Arten im anderen Falle in den Hintergrund treten, daß sich hierbei also ein starker Wechsel im Bestand zeigt. Es ist mir bisher nicht möglich gewesen, das besondere Hervortreten einzelner Arten näher zu analysieren. Wie wichtig diese Erscheinung jedoch ist, geht u. a. aus Beobachtungen hervor, nach denen die in den Oberschichten häufigsten Arten die stärksten Untermassen (LOHMANN) bilden, d. h., die größeren Tiefen erreichen und damit in ganz andere ökologische Bedingungen geraten. Örtlich und zeitlich begrenzte Massenentwicklung der Plankter kann daher auch zu einer Ausweitung des Lebensraumes führen, die selbst dann bedeutungsvoll sein kann, wenn sie nur temporär ist. Entsprechende Beobachtungen haben u. a. LOHMANN 1912, 1920 und HENTSCHEL 1933, 1936 für das Nannoplankton, KLEVENHUSEN 1933 für die Corycaeen (Copepoden) mitgeteilt.

RUSSELLS Untersuchungen an *Sagitta elegans* im Seegebiet von Plymouth 1932/33 ergaben für die im Mai laichenden Tiere eine durchschnittliche Größe von 19,5 bis 20 mm gegenüber 10 bis 10,5 mm für die im September reifenden. Dabei nahmen die Ovarien der großen Tiere im Verhältnis zum Körper noch mehr an Größe zu, so daß bei gleichbleibender Eigröße die Zahl der Nachkommen in den sich folgenden Generationen eines Jahres verschieden ist. Hier treten also rhythmische Änderungen in der Populationsdichte auf, die für die Wirkungsmöglichkeit der Selektionsfaktoren sicherlich bedeutungsvoll sind. Für Copepoden, die in dieser Beziehung vermutlich ein günstiges Untersuchungsobjekt darstellen, habe ich keine derartigen Angaben gefunden. Sie wären aber für eine weitere Analyse dieses ganzen Fragenkomplexes sehr interessant.

So unbestimmt die Aussagen über Schwankungen im Individuenbestand auch sein mögen, so sicher ist doch, daß mit sehr erheblichen periodischen und unperiodischen Änderungen gerechnet werden muß.

VII. Andere Evolutionsfaktoren.

Die Geschwindigkeit der Evolution ist in erheblichem Maße abhängig von der Zahl der Generationen im Jahr. Wenn also eine Art innerhalb ihres Verbreitungsgebietes Bereiche mit verschiedener Generationenzahl erkennen läßt, so ist zu vermuten, daß bei vorhandener Mutationsneigung die Bezirke mit höherer Generationenzahl Ursprung abgeänderter Rassen oder anderer Arten werden können. Es liegt eine Reihe von Mitteilungen über die Generationenfolge von Planktern in verschiedenen Arealen ihres Verbreitungsareals vor, von denen in Tab. 2 Angaben über *Calanus finmarchicus* zusammengefaßt sind.

Tabelle 2

Anzahl der jährlichen Generationen von *Calanus finmarchicus* in verschiedenen Teilen seines Verbreitungsgebietes.

Gebiet	Zahl der Generationen	Fortpflanzungszeit	Autor
O-Grönland	1	VII/VIII (bis IX)	Ussing 1938
Labrador-See	1		Kielhorn 1952
Barentssee	1		Bogorov 1932 (zit. n. Bogorov 1934)
Lofoten, Vestfjord	1	III/IV	Sømme 1934
Skrova, Vestfjord	1 (2 Nebenmax.)	IV/V (VI, VII/VIII)	Wiborg 1954
Norwegen 67° N	1	IV/V	Gran 1902
S-Island	2		Paulsen 1906
S-Norwegen	2	II/III, V/VI	Nordgaard 1905
Møre			Ruud 1929
Gulf of Maine	2	IV/VI, VIII/IX	Bigelow 1926
Plymouth	3	III/IV, V, VII/VIII	Russell 1928 Marshall, Nicholls u. Orr 1934
Clyde-Sea	3—4	II, III/IV, VI/VIII	Nicholls 1933
Sognefjord	4	II/III, V, VIII/IX	Wiborg 1954
Nordsee	4		Rees 1949

Je nach der geographischen Lage des Untersuchungsgebietes sind danach bis zu vier Generationen pro Jahr festgestellt worden, wobei die geringe Zahl in den Kaltwassergebieten, die große Zahl im Warmwasser auftritt. Wenn auch nicht zu entscheiden ist, ob diese Unterschiede genotypisch festgelegt oder durch Temperatur, Belichtung, Nahrungsangebot usw. phänotypisch bedingt sind, so zeigt das Beispiel doch deutlich das Vorhandensein dieses Evolutionsfaktors auch bei holopelagischen marinen Tieren. Das oben erwähnte Verhältnis von *C. finmarchicus* zu *C. helgolandicus* findet vielleicht von hier aus schon eine Deutungsmöglichkeit. Es kommt ja hinzu, daß in einem so ausgedehnten Gesamtverbreitungsgebiet der Selektionswert auftretender Abänderungen verschieden und auch die Mutationsrate unterschiedlich sein dürfte.

Mit der freien Beweglichkeit ist den meisten Tieren die Möglichkeit zur Auswahl und Ausweitung des Lebensraumes und damit zum Wechsel der Umwelt gegeben, wodurch eine gesteigerte Entwicklungsgeschwindigkeit gegeben ist. Diese „freie Wahl des Lebensraumes" fehlt den Planktern wegen ihres geringen Bewegungsvermögens weitgehend; sie sind auf die passive Verfrachtung durch Strömungen angewiesen. Hardy und Günther haben 1935 jedoch gezeigt, daß die Plankter durch ihre tages- und jahreszeitlichen Vertikalwanderungen in Horizonte unterschiedlicher Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit kommen, und sie erklären hieraus zu einem Teil die vielfach bestätigte Beobachtung, daß in Gebieten dichter Phytoplanktonbesiedlung oft nur geringe Mengen an Zooplankton vor-

handen sind und umgekehrt. Das zeigt, daß auch die Zooplankter, wenigstens teilweise, die Möglichkeit eines Umweltwechsels haben, wenn diese auch relativ gering und wenig wirksam erscheint, außerdem in starkem Maße vom Zufall abhängig ist. HARDY hat 1938 auf diese Zusammenhänge mit dem Entwicklungsgeschehen hingewiesen.

Dem eingangs erwähnten Vorhandensein sehr artenreicher Gattungen innerhalb des gleichen, relativ wenig differenzierten Lebensraumes muß noch ein Wort gewidmet werden. Da diesen polytypischen Gattungen viele monotypische oder oligotypische im gleichen Verwandtschaftskreis gegenüberstehen, und da die geringe Mannigfaltigkeit des Lebensraumes nicht ohne weiteres selektionistische Vorgänge erkennen läßt, könnte der Gedanke an immanente Entwicklungsfaktoren im Sinne GOEBELS naheliegen. GÜNTHER hat 1950 die Annahme eines solchen Faktors als einen „einfachen Irrtum" (p. 86) bezeichnet, und zwar unter Bezugnahme auf die von ihm besonders definierten ökologischen Nischen. Diese stellen ein für jede Art spezifisches Bezugssystem zwischen „ökischen und autozoischen Dimensionen" dar. Sie zu erkennen, bedarf es also genauer Analyse der gesamten ökischen, d. h. Außenfaktoren, wie der autozoischen, d. h. morphologisch-physiologischen Eigenschaften. Es ist danach vorstellbar, „daß in gegebenen Populationen durch Mutationen oder plötzlich — infolge von Populationswellen — mehrfach homozygot auftretende, vorher schon vielfach heterozygot als Rezessivallele vorhandene Anlagen für die betroffenen Individuen die Veränderung oder Neubildung einer ökologischen Nische bedingt und in der Weise möglich wird, daß sie in ihr sich halten, vermehren und gegenüber der Ausgangsform isolieren können" (p. 88). Damit wäre kein andersartiger Evolutionsfaktor erkannt, wohl aber ein Mechanismus, wie sich homozygote Formen mit abweichenden morphologischen und physiologischen Merkmalen gegenüber der Ausgangsform durchsetzen können. Derartige Abweichungen können z. B. in einer Änderung der Nahrung nach Art und Größe, in einer Abwandlung oder Reaktion auf biogene mikrochemische Eigenarten des Wassers oder in veränderter Reaktion auf Licht und Temperatur gesucht werden, mit denen morphologische Abwandlungen korreliert sein können.

VIII. Einige früher geäußerte Auffassungen zur Artbildung im marinen Pelagial.

Außer den bisher angeführten liegen ältere Äußerungen zu dem hier angeschnittenen Fragenkomplex nur in geringem Maße vor und sind in der Literatur meist in Spezialarbeiten eingestreut. Eine der ersten Mitteilungen stammt von HENSEN (1892), in der die Auffassung zum Ausdruck kommt, daß nur bedeutende Änderungen der Milieufaktoren einen Einfluß auf die evolutionistischen Vorgänge haben. „Wir dürfen wohl im Meere in unserer Zeitperiode nicht mehr einen starken Fluß der Artbildung erwarten. Wenigstens dürften die Umänderungen, die, durch Verknüpfung des Wechsels äußerer Verhältnisse mit dem Zwang des Daseins,

innere Umwandlungen bewirken können, schon lange ihr Ende erreicht haben. Es mag eine lange Periode erforderlich sein, bis sich fließende Formen mit den sie bedingenden, stets gleichbleibenden physikalischen Einwirkungen ausgeglichen haben, aber endlich muß doch Gleichgewicht eintreten. Die Tropenzone wird ja wohl, wie u. a. PFEFFER ausführt, allmählich enger begrenzt worden sein, aber dieser ganze Prozeß geht so langsam vorwärts, daß die Jahresverschiebungen der Region ganz außerordentlich viel bedeutender sein müssen als die Verschiebung durch Abkühlung der Erde" (p. 46).

Diese Auffassung kann heute keine Gültigkeit mehr haben, und wir vermögen nicht zu beurteilen, ob der „Fluß der Artenbildung" in anderen Erdperioden im Pelagial anders war als in der Gegenwart.

HENSEN hat sich dann noch einmal (1911) hierzu geäußert und ging von der Beobachtung aus, daß häufig einzelne Arten zahlenmäßig eine absolute Vorherrschaft vor den anderen Arten einer natürlichen Gruppe haben. Er setzt bei seinen Überlegungen ein hohes Alter des ozeanischen Planktons überhaupt voraus und nimmt an, daß sich im Laufe der Entwicklung innerhalb der verschiedenen Gruppen alle existenzmöglichen Arten herausbildeten und keine neuen konkurrenzfähigen Arten mehr entstehen könnten. Die zahlenmäßig überwiegenden Arten seien die konkurrenztüchtigsten und hätten sich absolut durchgesetzt; da aber das Artbildungsvermögen nicht ganz erloschen sei, entstünden unter bestimmten äußeren Verhältnissen oder aus inneren Ursachen immer wieder Arten, wie sie in der Vorzeit bereits vorhanden waren, die sich aber als nicht genügend konkurrenzfähig erwiesen hätten und daher über kurz oder lang wieder verschwänden, ohne jemals eine größere Häufigkeit erreichen zu können.

In seinem umfassenden Referat über den Stand der Planktonforschung hat LOHMANN 1912b die Frage gestellt: „Wie hat sich diese erstaunliche Mannigfaltigkeit an Formen bilden können, obwohl die äußeren Existenzbedingungen, unter denen sie leben, von einer so erdrückenden Einförmigkeit sind?" (p. 61). LOHMANN betont dann, daß die Lebensbedingungen vor allem in den Warmwassergebieten seit den frühesten Zeiten nicht wesentlich geändert wurden und eine räumliche Isolierung nur in beschränktem Umfange möglich sei, so daß „die Bedeutung der in den Organismen selbst liegenden Faktoren der Formbildung hier ganz besonders in den Vordergrund" tritt (p. 62). An den Beispielen von *Oithona* und *Oncaea* unter den Copepoden, *Oikopleura longicauda* unter den Appendicularien und *Pontosphaera huxlyi* unter den Coccolithophoreen erläutert LOHMANN, wie die einfach gebauten Arten zahlenmäßig am stärksten vertreten sind und die größte Vermehrungsstärke besitzen.[1])

---

[1]) Als Beispiel sei folgendes angegeben: THOMPSON findet in den mehrjährigen Planktonaufsammlungen im Gebiet SO-Australiens unter 478056 Appendicularien 56% *Oikopleura lomgicauda* und unter 1592975 Desmomyaria 89% *Thalia democratica*.

Eine kritische Analyse beider Auffassungen im einzelnen möchte ich mir hier versagen. Beide enthalten als wesentliches Element das zahlenmäßige Dominieren einzelner Arten innerhalb verschiedener Artengruppen. Dieses Element ist jedoch nicht so gesichert, wie wohl angenommen war. Aus Vergleichen der von den verschiedenen Expeditionen angegebenen, in gleichen Gebieten gewonnenen Individuenzahlen ergeben sich doch vielfach so starke Differenzen, daß eine Verallgemeinerung noch nicht möglich ist, für einzelne Arten scheint die Beobachtung jedoch zutreffend. Der gleiche Vorbehalt ist notwendig bei der Beurteilung, ob die dominierenden Arten tatsächlich die einfach gebauten (LOHMANN) bzw. die best adaptierten (HENSEN) sind. Ein Urteil über die Wirkungsgrade der verschiedenen Anpassungen ist kaum möglich, da ein einwandfreier Wertmaßstab noch nicht gefunden werden kann.

Auf Grund seiner Bearbeitung der von der „Valdivia"-Expedition erbeuteten Radiolarien weist HAECKER 1908 darauf hin, daß bereits geringfügige Differenzen in Temperatur und Salzgehalt zu Differenzierungen der Formen führen. Es bieten sich ihm „weder aus der relativen Monotonie des Mediums noch aus der unvollständigen Isolation der Wohnbezirke allzu große Schwierigkeiten" (p. 692) für das Verständnis der Entwicklung des Formenreichtums. Er weist außerdem auf die Möglichkeit eines polyphyletischen Ursprungs der größeren Abteilungen der Radiolarien hin.

IX. Schlußbemerkungen.

Nach dem Gesagten dürfen wir feststellen, daß im marinen Pelagial eine Artbildung vor sich geht, bei der die gleichen Evolutionsfaktoren wirksam sind wie im limnischen und terrestrischen Bereich: Der endogene Faktor der Mutabilität und die exogenen Faktoren, die vor allem im zeitlichen und örtlichen Wechsel der Bedingungen zum Ausdruck kommen.

Der Gesamtartenbestand des Pelagials bewegt sich im Vergleich zum marinen Benthal und zum terrestrischen Bereich in bescheiden zu nennenden Grenzen (FRIEDRICH 1954), und zwar sowohl in den absoluten Zahlen als auch bei Berücksichtigung der Größenausdehnung des ganzen Lebensraumes. Hierin kommt einerseits die relative Gleichförmigkeit der gesamten Lebensbedingungen über weite Gebiete zum Ausdruck, andererseits die Tatsache, daß die Kontinuität des Raumes an sich eine besondere Struktur der Population möglich macht. Außerdem entsteht aus der oben gegebenen Gegenüberstellung polytypischer und monotypischer Gattungen der Eindruck, als sei die Tendenz zur Spezifikation in verschiedenen Einheiten durchaus verschieden. So sind beispielsweise *Fritillaria* und *Oikopleura* unter den Appendicularien polytypisch, ihnen stehen drei oligotypische und nicht weniger als sieben monotypische Gattungen gegenüber, und dabei kommen diese Gattungen großenteils am gleichen Ort und zu gleicher Zeit vor, so daß in den äußeren Faktoren kein ersichtlicher Grund für diese Differenz zu finden ist. Es wird daher der Gedanke nahegelegt, daß autonome, in den Organismen gelegene Faktoren jeweils die Intensi-

tät des Spezifikationsprozesses bestimmen, der durch die Struktur der Populationen gefördert werden kann. Ich bin geneigt, anzunehmen, daß hier ein Analogon zu der Erscheinung der explosiven Entwicklungsphase höherer systematischer Kategorien, ja ganzer Stämme, gegeben ist, und vielleicht läßt sich auch in dem wahrscheinlich festzustellenden dominierenden Auftreten einzelner Arten innerhalb von Gattungen eine Verlängerung dieses Phänomens bis zur Art hin sehen.

Interessanterweise ergibt sich nun die überraschende Tatsache, daß in der Warmwasserzone, in der die relativ größte Konstanz der Außenfaktoren herrscht, eine wesentlich stärkere artspezifische Gliederung der Fauna vorhanden ist als in den gemäßigten oder polaren Gebieten. So führen Sverdrup, Johnson und Fleming 1946, p. 868, folgende Verteilung der Arten holopelagischer Tiere in verschiedenen Regionen an:

arktisch	arktisch boreal	ant-arktisch	subant-arktisch	bipolar-epiplank-tonisch	kosmo-politisch	Warm-wasser	Tiefsee	Insges.
23	35	71	19	17	15	1378	358	1916

Überraschend ist an dieser Aufstellung auch der hohe Anteil der Tiefseeformen, obwohl die Lebensbedingungen in der Tiefsee noch gleichförmiger sind als in den oberen Wasserschichten.

Eine Ausdeutung dieses Tatbestandes kann m. E. in verschiedenen Richtungen versucht werden. Man könnte die Warmwasserzone wie die Tiefsee als Refugialgebiete auffassen, in denen eine Anhäufung von Arten und innerhalb der Arten eine Zusammendrängung von Allelen stattgefunden hat. Wenn sich diese Auffassung vielleicht auch für die oberflächennahen Warmwasserschichten auf Grund der Entwicklung seit dem Tertiär stützen läßt, können wir für die Tiefsee Entsprechendes weniger leicht aussagen.

Es besteht weiterhin die Möglichkeit, daß in der Warmwasserzone eine schnellere Generationenfolge, die ja eine Beschleunigung des Evolutionsablaufes bedeutet, gegeben ist. Diese Deutung ließe sich aber nicht auf die Tiefsee übertragen, da deren geringe Temperaturen und vielfache Nahrungsarmut eine Steigerung der Generationenzahl kaum zuläßt, so daß auch in dieser Richtung keine allgemeingültige Deutung zu finden ist. Gewisse Allgemeingültigkeit müßte ein Deutungsversuch aber wohl haben, da z. B. Schütt 1892, p. 271, bei den Peridineen von einer „schrankenlosen Veränderlichkeit der Tropenarten“ spricht, also die gleiche Situation kennzeichnet.

Daher sei folgender Gedanke zu weiterer Diskussion gestellt: Unter den relativ stabilen Außenbedingungen in der Warmwasserzone wie auch in der Tiefsee sind weniger die abiotischen als vielmehr die biotischen Auslesefaktoren wirksam, wie sie sich z. B. insbesondere aus dem Verhältnis vom Räuber zur Beute, aus der Nahrungskonkurrenz und aus der Paarungsmöglichkeit ergeben. Diese biologische Selektion fördert die Ausbildung

ökologischer Nischen stärker als die mehr mechanische Selektion durch die abiotischen Faktoren, die in gemäßigten und kalten Gebieten wegen des stärkeren Wechsels der Außenfaktoren mehr im Vordergrund steht, ohne daß in den genannten Bereichen die abiotische Selektion ausgeschlossen wäre.

Die unterschiedliche regionale Verteilung der Arten im marinen Pelagial wird demnach nur teilweise als eine geographische Frage, sondern mindestens ebenso sehr als ein Evolutionsproblem betrachtet, dessen Klärung allerdings weiterer Forschung vorbehalten bleibt.

Bei weiteren Überlegungen zur Frage der Spezifikation im marinen Pelagial wird folgender Gesichtspunkt Berücksichtigung finden müssen: Die Herkunft der pelagischen Fauna ist sehr heterogen. Es handelt sich mit ziemlicher Sicherheit um Organismen, die erst sekundär von benthonischer zu pelagischer Lebensweise übergegangen sind. Dieser Übergang hat sich beispielsweise bei Siphonophoren. Ctenophoren, Chaetognathen, Appendicularien u. a. bereits sehr früh vollzogen, so daß die rezenten Gattungen dieser Gruppen ihre phylogenetische Entwicklung im Pelagial durchlaufen haben und uns zu der Annahme einer weitgehenden stammesgeschichtlichen Einheit berechtigen. In anderen Fällen dagegen läßt sich zeigen, daß rezente Gattungen unabhängig voneinander den Weg ins Pelagial eingeschlagen haben. HAECKERS Auffassung vom polyphyletischen Ursprung der größeren Radiolariengruppen wurde erwähnt; ABEL hält die Zahnwale für einen polyphyletischen Stamm; *Exocoetus*- und *Dactylopterus*-Typ der fliegenden Fische haben genetisch nichts miteinander zu tun; die Gattungen *Podon* und *Evadne* der Cladoceren haben andere verwandtschaftliche Beziehungen ***(Polyphemidae)*** als *Penilia* ***(Sididae)***; für die Rotatorien gibt REMANE 1950 verschiedene Einwanderungslinien aus dem Süßwasser ins Meer an, und die pelagischen Phyllodocidengattungen *Lopadorhynchus, Pedinosoma, Maupasia, Phalacrophorus* u. a. haben sich vermutlich nicht erst im Pelagial aus einer gemeinsamen Stammform entwickelt, sondern entstammen verschiedenen benthonischen Gruppen. Die im Pelagial vertretenen Gattungen einer Familie oder einer größeren systematischen Kategorie können also durchaus verschiedenen Einwanderungslinien angehören (vergl. besonders die Pteropoden).

Weitere Untersuchungen müßten die artspezifische Gliederung der pelagischen Fauna noch genauer klären, die ökologischen Beziehungen von Zwillingsarten aufhellen, experimentell Mutabilität und Variabilität unter verschiedenen Bedingungen prüfen, Beziehungen zwischen Lebensweise, Struktur der Populationen und Spezifikationsrate festzustellen suchen und die phylogenetischen Verhältnisse verschiedener Einwanderungslinien zu erkennen streben. Dadurch würde das Material erarbeitet, das notwendig ist, um auch die marine pelagische Fauna in weiterem Umfange zur Klärung der Abstammungsprobleme heranzuziehen.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. H. Friedrich, Bremerhaven, Institut für Meeresforschung.

Literaturverzeichnis

ADLER, G. and JESPERSEN, P., 1920, Variations saisonnières chez quelques copepodes planctoniques marins. — Medd. fra Komm. Havundersogelser, Ser. Plankton, Vol. 2, pp. 1—46.

BARNARD, K. H., 1932, Amphipoda. — Discovery Reports Bd. 5, p. 1—326.

BOGOROV, B. G., 1932, Materials on the biology of copepods of the Barents and White Seas. — Bull. State Oceanogr. Inst. Part 4, Moskau.
— 1933, Modifications in the biomass of *Calanus finmarchicus* in accordance with its age. — Bull. State Oceanogr. Inst. Part. 8, Moskau.

BOGOROV, B. G. and PREOBRAJENSKAYA, E. N., 1934, The biomass of Plankton organisms of the Barents Sea. II. Copepoda. — Trans. State Oceanogr. Inst. U.S.S.R.

BRUUN, A. F., 1935, Flying-Fishes *(Exocoetidae)* of the Atlantik. — The Carlsberg Found. Ocean. Exped. 1928—30. Dana-Report Nr. 6, pp. 1—106.
— 1936 Sur la distribution de quelques Poissons océaniques d'après les Expéditions Danoises. — Bull. Inst. Océanogr. Monaco, No. 700. 16 pp.

CARLGREN, O., 1924, Die Larven der Ceriantharien, Zoantharien und Actiniarien. — Wiss. Ergebn. Deutsche Tiefsee-Exped. „Valdivia", Bd. 19, 8, pp. 341—476.

CHAGE, F. A., JR., 1936, Revision of the Bathypelagic Prawns of the Family *Acanthephyridae*, with Notes on a New Family, *Gomphonotidae*. — J. Wash. Acad. Sci., vol. 26, no. 1, pp. 24—31.

COE, W. R., 1945, Bathypelagic Nemerteans of the Bermuda Area and other parts of the North and South Atlantic Oceans, with evidence as to their means of dispersal. — Zoologica, Vol. 30, pp. 145—168.

COLLIER, A., RAY, S. M., MAGNITZKY, A. W. and BELL, J. O., 1953, Effect of dissolved organic substances on oysters. — Fish. Bull. 84, Fish and Wildlife Services, Vol. 54, pp. 166—185.

DAMAS, D., 1936, Une Narcomeduse parasite d'un ver polychète. — Mém. Mus Roy. Hist. Nat. Belgique, II. Sér. Fasc. 3, pp. 1177—1195.

FAGE, L., 1941, 1942, Mysidacea. Lophogastrida I u. II. — Dana-Report No. 19 u. 23, p. 1—52 u. 1—67.

FRIEDRICH, H., 1952, Betrachtungen zur Synökologie des marinen Pelagials. — Veröff. Inst. f. Meeresforschg., Bremerhaven, Bd. 1, pp. 7—36.
— 1954, Über den Stand unserer Kenntnis der Arten im marinen Pelagial. Veröff. Inst. f. Meeresforschg. Bremerhaven, Bd. 3, pp. 34—41.

GÜNTHER, KL., 1950, Ökologische und funktionelle Anmerkungen zur Frage des Nahrungserwerbes bei Tiefseefischen mit einem Exkurs über die ökologischen Zonen und Nischen. — Moderne Biologie, Festschr. f. Hans Nachtsheim, Berlin, 1950, pp. 55—93.

GURNEY, R., 1929, Dimorphism and rate of growth in Copepoda. — Int. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. Bd. 21, pp. 189—207.

HAECKER, V., 1908, Tiefsee-Radiolarien. — Wiss. Ergebn. Deutsche Tiefsee-Exped. Valdivia, Bd. 14.

HARDY, A. C. und GUNTHER, E. R., 1935, The Plankton of the South Georgia Whaling Grounds and adjacent waters, 1926—1927. — Discovery Reports, Bd. XI, p. 1—455.

HARDY, A. C., 1938, Change and choice: A study in pelagic ecology. — Evolution, essays presented to Prof. E. S. Goodrich, Oxford, Univ. Press. pp. 139—159.

HENSEN, V., 1892, Einige Ergebnisse der Plankton-Expedition. — In: KRÜMMEL, O.: Reisebeschreibung der Plankton-Expedition. Kiel u. Leipzig pp. 18—46.

— 1911, Das Leben im Ozean nach Zählungen seiner Bewohner. — Ergebn. Plankton-Exped. d. Humboldt-Stiftg. Bd. 5o.

HENTSCHEL, E., 1933, 1936, Allgemeine Biologie des Atlantischen Ozeans. — Wiss. Ergebn. Deutsch. Atlant. Exped. „Meteor", Bd. XI.

HÖHNK, W. u. VALLIN, ST., 1953, Epidemisches Absterben von *Eurytemora*, verursacht durch *Leptolegnia baltica* nov. spec. — Veröff. Inst. f. Meeresforschg. Bremerhaven, Bd. 2, pp. 215—223.

JOHNSEN, S., 1922, Remarks on the distribution and the biology of *Myctophum glaciale* (REINH.). — Bergens Mus. Årbok 1921—22. Naturvid. rekke No. 6, pp. 1—50.

— 1944, Studies on variation in fish in north European waters. 1. Variation in size. — Bergens Mus. Årbok 1944, Naturvid. rekke, Nr. 4, pp. 3—129.

JOHNSON, M. J., 1940, The study of species formation in certain *Eucalanus* Copepods in the North Pacific. — Proc. 6th Pacific Sc. Congr. Pacific Sc. Assoc. Vol. 3. Berkeley u. Los Angeles.

KLEVENHUSEN, W., 1933, Die Bevölkerung des südatlantischen Ozeans mit Corycaeen. — Wiss. Ergebn. D. Atl. Exped. „Meteor", Bd. 12, I, pp. 70—110.

KOTTHAUS, A., 1952, *Hoplostethus islandicus*, nov. spec. (Acanthopterygia, Abt. Beryciformes, Fam. Trachichthyidae) aus den isländischen Gewässern. — Helgoländer Wiss. Meeresunters. Bd. 4, pp. 62—87.

KRAMP, P. L., 1917, *Chaetognatha* collected by the „Tjalfe" Expedition to the west coast of Greenland in 1908 and 1909. — Vidensk. Medd. fra Dansk. Naturh. Foren. Bd. 69, pp. 17—55.

KRAMP, P. L., 1931, A revision of the Medusae belonging to the family *Mitrocomidae*. — Videnskab. Meddel. Dansk. Naturh. Foren. Bd. 92, pp. 305—383.

KUHL, W., 1938, *Chaetognatha*. — Bronns Klassen und Ordnungen, Bd. IV, Abt. 4, 2. Buch, Teil 1.

LABBÉ, A., 1920, Contributions à l'étude de l'allélogenèse, 4° mémoire. — L'histoire naturelle de *„Paracartia grani"*, G. O. SARS. — Bull. Biol. France Belg. Vol. 63, pp. 562—619.

LEHNHOFER, K., 1926, Copepoda: *Copilia* DANA 1849 der Deutschen Tiefsee-Exped. — Wissensch. Ergebn. d. Deutschen Tiefsee-Exped. Bd. 23, pp. 115—177.

LOHMANN, H., 1912a, Untersuchungen über das Pflanzen- und Tierleben der Hochsee. — Veröff. Inst. Meereskunde Berlin, N. F. A. Geogr. naturw. Reihe, Heft 1, p. 1—92.

— 1912b, Die Probleme der modernen Planktonforschung. — Verh. Deutsche Zool. Ges. 22, p. 16—109.

— 1914, Die Appendicularien-Gattung *Megalocercus*. — Jahrb. Hamb. Wiss. Anst. Bd. 31, Beiheft 2, pp. 353—366.

— 1920, Die Bevölkerung des Ozeans mit Plankton. — Arch. f. Biontologie, Bd. 4, 3.

— 1931, Die Appendicularien der Deutschen Tiefsee-Expedition. — Ergebn. Deutsche Tiefsee-Exped., Valdivia. 1898/99, Bd. 21, pp. 1—158.

DE MAN, J. G., 1920, The Decapoda of the „Siboga"-Expedition. — Siboga-Exped. 39a[3] pp. 1—318.

MARSHALL, S. M., 1933, On the biology of *Calanus finmarchicus*. II. Seasonal variations in the size of Cal. finmarchicus in the Clyde Sea-Area. — Journ. Mar. Biol. Assoc. U.K. Vol. 19, p. 111—138.

Marshall, S. M., Nicholls, A. G. and Orr, A. P., 1934, On the biology of *Calanus finmarchicus*. V. Seasonal distribution, size, weight and chemical composition in Loch Striven in 1933 and their relation to the phytoplankton. — Journ. Mar. Biol. Assoc. U. K. Vol. 19, p. 793—828.

Marshall, N. B., 1953, Egg size in arctic, antarctic and deep-sea fishes. — Evolution (Lancaster) Vol. 7, pp. 328—341.

Müller, G. W., 1912, *Ostracoda*. — Das Tierreich, Lfg. 31, Berlin, 434 p.

Neumann, G., 1935, *Doliolidae*. — Bronns Klassen und Ordnungen, Bd. III, Suppl. Abt. II, 2. Buch, p. 1—67.

Odhner, N. H., 1936, *Nudibranchia Dendronotacea*. — Mém. Musée Roy. Hist. Nat. Belgique. II. Ser. Fasc. 3, pp. 1055—1128.

Ottestad, P., 1932, On the Biology of some Southern Copepoda. — Hvalrådets Skrifter Nr. 5, 61 pp. — Scient. Res. Marine Biol. Research.

Pickford, G. E., 1946, 1949, *Vampyroteuthis infernalis* Chun, an archaic dibranchiate Cephalopod. I u. II. — Dana-Report No. 29 u. 32, Kopenhagen.

Rammner, W., 1930, Phyllopoda. — Tierwelt Nord- u. Ostsee, Lfg. 18.

— 1931, Mitteilungen über marine Cladoceren. — Biol. Centralbl. Bd. 51, pp. 618—633.

— 1933, Die Cladoceren der „Meteor"-Expedition. — Wiss. Erg. Deutsche Atlant. Exped. „Meteor", Bd. 12, pp. 111—121.

— 1939, Cladocera. — Fiches d'identification du zooplankton. Conseil Perm. Intern. pour l'Explor. de la Mer.

Rees, C. B., 1949, The distribution of *Calanus finmarchicus* (Gunn). and its two forms in the North Sea, 1938—39. — Hull. Bull. Mar. Ecol. Vol. 2, p. 215—275.

Remane, A., 1950, Das Vordringen limnischer Tierarten in das Meeresgebiet der Nord- und Ostsee. — Kieler Meeresforschungen, Bd. 7, pp. 5—23.

Rensch, B., 1947, Neuere Probleme der Abstammungslehre. — Stuttgart.

Russell, F. S., 1928, The Vertical Distribution of Marine Macroplankton. VII. Observations on the behaviour of *Calanus finmarchicus*. — Journ. Mar. Biol. Assoc. U. K. Vol. 15, pp. 429—454.

— 1932, On the biology of *Sagitta*. The breeding and growth of *Sagitta elegans* Verrill in the Plymouth Area, 1930—31. — Journ. Mar. Biol. Assoc. U. K. Plymouth, Vol. 18, pp. 131—146.

Schellenberg, A., 1926, Amphipoda 3: Die Gammariden der Deutschen Tiefsee-Expedition. — Ergebn. Deutsche Tiefsee-Exped., Valdivia. 1898/99. Bd. 23, pp. 195—243.

Sears, M., 1953, Notes on Siphonophores. 2. A revision of the Abylinae. — Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard, Vol. 109, pp. 1—119.

Sewell, R. B., 1926, The Salps of Indian Seas. — Rec. Ind. Mus. Calcutta, Bd. 28, pp. 65—126.

— 1947, The free-swimming planktonic Copepoda, Systematic Account. — Sc. Rep. John Murray Exped. (Brit. Mus. Nat. Hist.), Vol. 8, No. 1, pp. 1—303.

— 1948, The free-swimming planktonic Copepoda. Geographical distribution. — Sc. Rep. John Murray Exped. 1933—34. Brit. Mus. Nat. Hist. Vol. 8, pp. 317—592.

Steuer, A., 1925, Rassenbildung bei einem marinen Planktoncopepoden. — Z. wiss. Zool. Bd. 125, pp. 91—101.

Steuer, A., 1929, Die Arten der Copepodengattung *Acartia* in der mediterr. Provinz. — Sitz. Ber. Akad. Wissensch. Wien, Bd. 138, pp. 497—516.

Strohl, J., 1936, La bipolarité de la faune marine et les données actuelles de la génétique, suivi de considérations générales sur les relations de la taxonomie avec la physiologie et la génétique. — Mém. Mus. Roy. Hist. Natur. Belgique, II. Sér. Fasc. 3, pp. 311—318.

Stubbings, H. G. 1937, Phyllirhoidae. — Sc. Rep. John Murray Exped. (Brit. Mus. Nat. Hist.), Vol. 5, No. 1, pp. 1—14.

Tattersall, W. M., 1939, The Euphausiacea and Mysidacea of the John Murray Expedition to the Indian Ocean. — Sc. Rep. John Murray Exped. (Brit. Mus. Nat. Hist.), Bd. 5, No. 8, pp. 203—246.

Tesch, J., 1913, *Pteropoda*. — Das Tierreich, Lfg. 36.

Tesch, J., 1946 u. 1948, The thecosomatous Pteropods. — The Carlsberg Found. Ocean. Exped. 1928—30. Dana Report 28 u. 30.

Thompson, H., 1948, Pelagic Tunicates of Australia. — Commonwealth Council Scient. a. Indust. Res., Australia, Melbourne, 196 pp., 75 Taf.

Thorson, G., 1950, Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. — Biol. Rev. Vol. 25, pp. 1—45.

Ussing, H. H., 1938, The biology of some important plankton animals in the fjords of Eeast Greenland. — Med. om Grønland, Bd. 100, p. 1—108.

Wiborg, K. F., 1954, Investigations on Zooplankton in coastal and offshore waters of Western and Northwestern Norway, with special reference to the Copepods. — Fiskeridirektor. Skr., Ser. Havunders. Rep. Norw. Fish. Mar. Invest. Vol. 11, No. 1, pp. 1—246.

Über eine neue Art der parasitischen Copepoden: *Pseudocycnus thynnus* n. sp.

Von Carl-Heinz Brandes

Mit 2 Tafeln

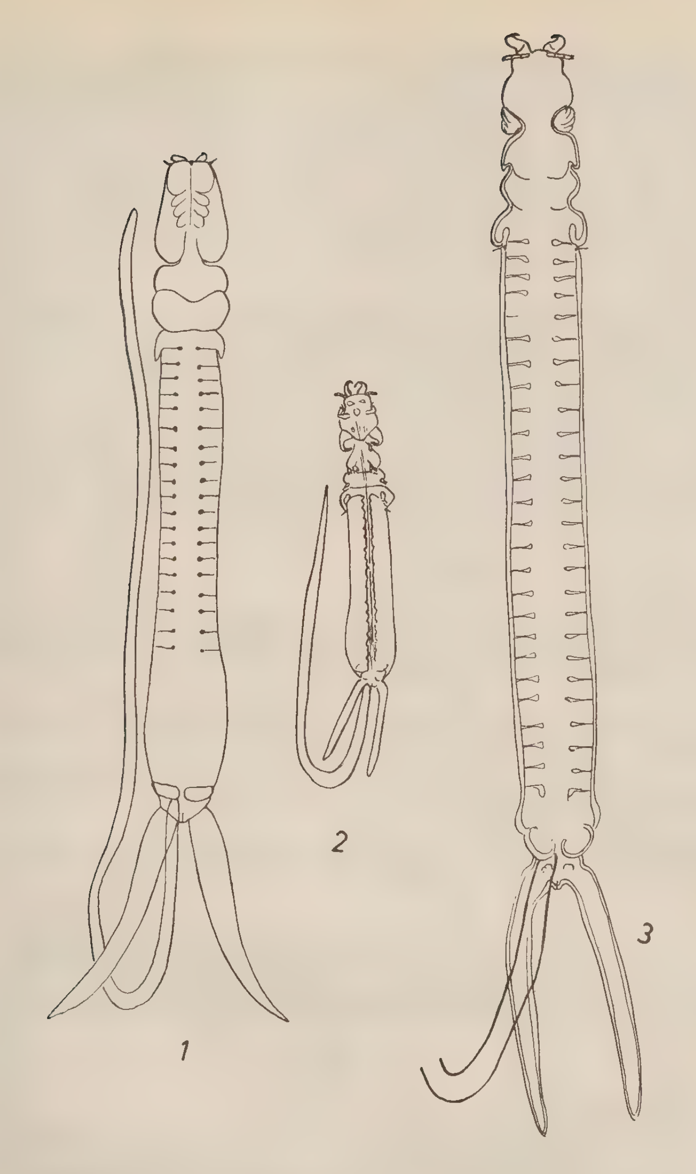
Von der in dieser Arbeit beschriebenen Copepodenart wurden von mir in den Jahren 1951—54 40 Exemplare (♀♀) zwischen den Kiemenblättern des Roten Thunfisches, *Thunnus thynnus* L., gefunden. Sämtliche Thunfische waren in den Monaten August bis September in der mittleren Nordsee (Weiße Bank bis Doggerbank) gefangen worden. Genaue Angaben über die Befallsdichte können nicht gegeben werden, da einerseits nicht alle angelandeten Thunfische erfaßt werden konnten und andererseits die Möglichkeit eingeräumt werden muß, daß infolge des dicken Blutschleimes, der meistens auf den Kiemen zu finden ist, vorhandene Parasiten übersehen sein könnten. Unter Berücksichtigung dieser Vorbehalte wurden auf infizierten Thunfischen bis zu 3 Parasiten gefunden. Außergewöhnlich hoch war jedoch der Befall eines 260 Pfund schweren Thunfisches (Fangort: Weiße Bank am 20. 8. 1954) mit 14 ♀♀, der deshalb besonders erwähnt werden soll.

Beschreibung der Art (♀). (Vgl. Tafel I, Abb. 3, und Tafel II, Abb. 1—9.)

Körper schlank, totale Länge 21,3 mm; Querschnitt der hinteren Körperregion elliptisch, Breite wechselnd: max. Breite 1632 μ — min. Breite 1381 μ, Breite am 4. Beinpaar[1]) 1506 μ, Körper annähernd vierzehnmal so lang wie breit. Größte Breite stets zwischen der 5. und 9. Chitinleiste (mittlere Breite von 18 Individuen an 9. Chitinleiste 1680 μ). — Cephalothorax annähernd lyraförmig, an der Stelle seiner größten Breite nahezu so breit wie lang: 1:1,13 — an der Stelle seiner geringsten Breite jedoch 1:1,59; Körper annähernd vierzehnmal so lang wie der Cephalothorax. 1. Segment mit Kopf verschmolzen, als kleine, lappige Ausstülpungen mit 1. Beinpaar am hinteren Rand des Cephalothorax; 2., 3. und 4. Segment in aufsteigender Linie breiter werdend als Cephalothorax; 4. und 5. Segment mit Genitalsegment verschmolzen und etwa achtmal so lang wie breit. Länge der Eischläuche 48,0 mm, Eidurchmesser 314 μ, Dicke der einzelnen Eier 38,7 μ. Abdomen wie bei *Pseudocycnus appendiculatus* Hell. Caudale Äste nahezu parallel, jedoch leicht konvergierend, etwa $^1/_3$ bis $^1/_4$ so lang wie der Körper, am Ende zugespitzt mit zwei apikalen Dornen und zahlreichen Dörnchen in unregelmäßiger Anordnung.

---

[1]) Da die Breite der verschmolzenen hinteren Körperregion nicht an allen Stellen gleich groß ist, wurde von mir zur Berechnung der Körperproportionen diese „fixierbare" Breite, die in Annäherung der mittleren Breite gleichkommt, zugrunde gelegt.



Taf. I 3 Arten der Gattung *Pseudocycnus* HELL. Maßstab: 7,5×.
[1]) *P. appendiculatus* HELL., [2]) *P. spinosus* PEARSE,
[3]) *P. thynnus* n. sp.

Die erste Antenne dreigliedrig, Beborstung des terminalen Gliedes wie bei *P. spinosus* PEARSE 1952, mittleres Glied zwei Borsten und zwei Dörnchen, Basalglied ein Dorn auf konischem Sockel und zwei weitere Dörnchen. Innerhalb der proximalen Hälfte der terminalen Klaue der 2. Antenne zwei Dornen. Basalglied der 2. Maxille am distalen Ende ohne Dornen. Lappige Erweiterung („Kamm") des terminalen Gliedes und Endklaue beiderseits mit 29± starken Dornen versehen. Innerhalb der distalen Hälfte der Greifklaue des Maxillipeds zwei starke Haken, die etwa im rechten Winkel zueinander stehen.

Terminales Glied des 1. Beines trägt zwei starke Dornen. Stärkster Dorn am Exopodit des 2. Beines am distalen Ende mit kleinen Borsten besetzt, an der Innenseite des Endopodits ein breites Dörnchenfeld. Vom 3. Bein nur Endopodit entwickelt, an seiner Innenseite gleichfalls ein Dörnchenfeld. 4. Bein entspringt unmittelbar unterhalb der lappenartigen Erweiterung des 4. Segments und besteht aus einem konischen Basalglied, dem eine lange Borste aufsitzt. 5. Bein als kleine Borste innerhalb der vor den Genitalklappen liegenden Anschwellung auf einer konischen Papille.

Systematische Stellung.

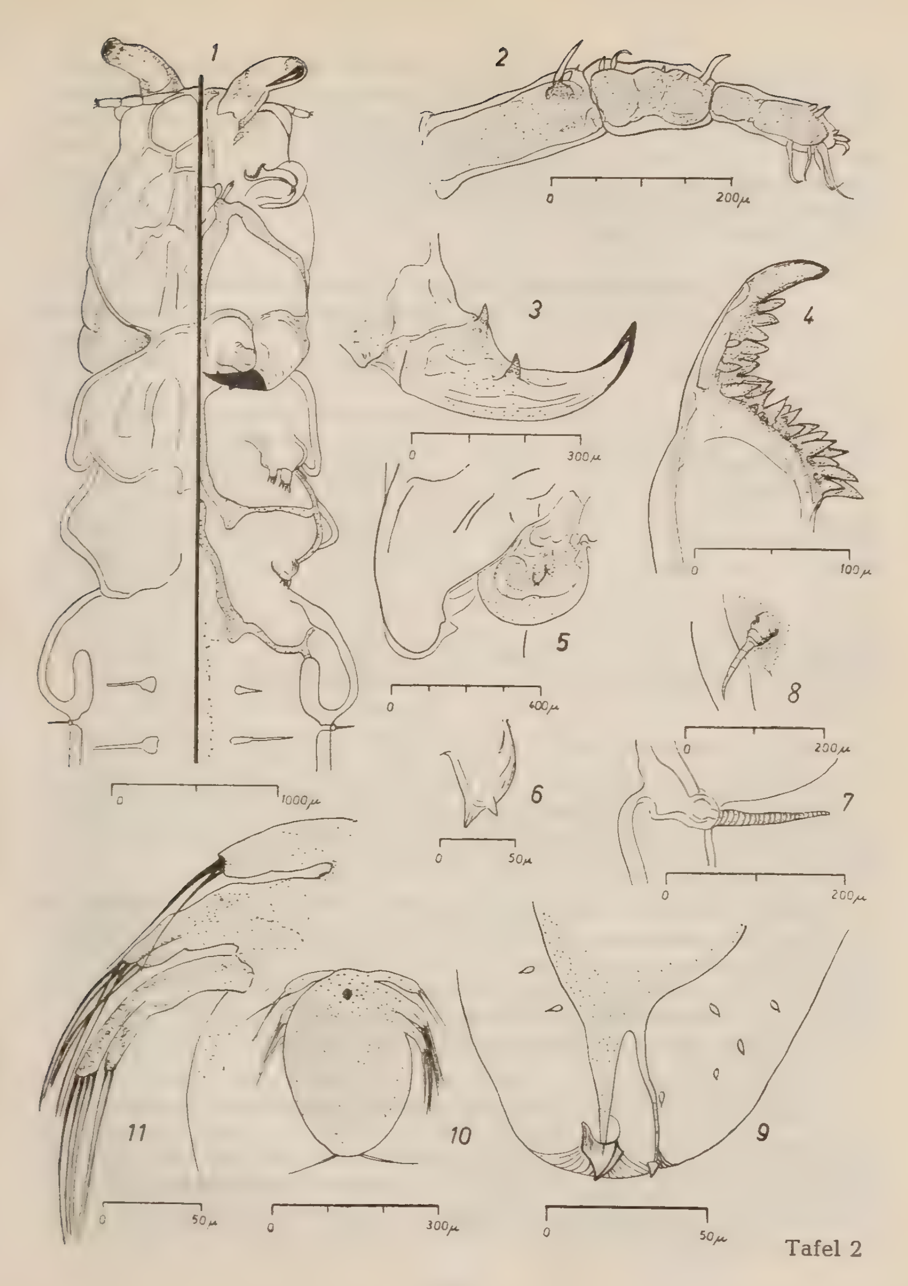
Der beschriebene Copepode gehört zur Gattung *Pseudocycnus* HELLER 1865. Von dieser Gattung, die bei WILSON (1932) zur Familie der *Pseudocycnidae* erhoben wurde, sind bekannt:

1. *Pseudocycnus appendiculatus* HELLER 1865 auf Kiemen einiger *Scombridae und Coryphaenidae*, ♀ 12—16 mm, ♂ 3,5—4 mm.
2. *Pseudocycnus buccatus* WILSON 1922, auf Kiemen einiger *Scombridae*, ♀ 4—5 mm, ♂ unbekannt.
3. *Pseudocycnus spinosus* PEARSE 1952, auf Kiemen von *Sarda sarda* (BLOCH), ♀ 7,3 mm, ♂ unbekannt.

Von diesen Arten stehen *P. appendiculatus* und *P. spinosus* der oben beschriebenen Species am nächsten. Daher habe ich diese drei Arten auf der Tafel I im gleichen Vergrößerungsmaßstab einander gegenübergestellt.

Taf. II *Pseudocycnus thynnus* n. sp.

[1]) Dorsale und ventrale Ansicht von *P. thynnus* n. sp. je zur Hälfte gezeichnet; [2]) 1. Antenne; [3]) Endklaue der 2. Antenne; [4]) Endklaue der 2. Maxille; [5]) Lage des 1. Segments mit 1. Bein; [6]) 1. Bein; [7]) 4. Bein; [8]) 5. Bein; [9]) Terminales Ende der caudalen Anhänge; [10]) 1. Naupliusstadium; [11]) Beborstung der Gliedmaßenpaare des 1. Naupliusstadiums.


1
2
0
200µ
3
4
0
300µ
5
0
100µ
8
0
400µ
6
0
200µ
0
1000µ
0
50µ
7
0
200µ
11
10
9
0
50µ
0
300µ
0
50µ

Tafel 2

Bei oberflächlicher Betrachtung könnte man auf den Gedanken kommen, daß diese drei Arten lediglich Größenvarianten ein und der gleichen Art wären. Besonders reizvoll erscheint es mir daher, in einer kleinen Übersicht (Tab. 1) die maximale Körpergröße der Wirtstiere mit der ihrer Parasiten zu vergleichen. *P. buccatus* ist in der Tabelle mit angeführt worden, obgleich sich dessen Habitus mehr an den der Gattung *(Helleria), Cybicola* Bassett-Smith 1898 anlehnt.

Tab. 1. Größenverhältnisse zwischen Wirtstieren und Parasiten.

Scombroidei	max. Größe cm	*Pseudocycnus* Hell.	max. Größe (♀♀) mm
Germo alalunga (Bonnaterre)	91	*P. appendiculatus* Heller	16,0
Germo albacora (Lowe)	213		
Coryphaena (Linné)	182		
Sarda sarda (Bloch)	76	*P. spinosus* Pearse	7,3
Thunnus thynnus (Linné)	457	*P. thynnus* n. sp.	24,2
Scomberomorus cavalla (Cuvier)	170	*P. buccatus* Wilson	5,0
Scomberomorus maculatus (Mitchill)	85		

Die Tabelle zeigt einerseits, daß die Gattung *Pseudocycnus* bisher nur auf Fischen einer Gruppe, der *Scombroidei*, gefunden wurde und andererseits, daß der größere Copepode auf dem größeren Wirtstier schmarotzt. *P. buccatus* nimmt auch hier eine Sonderstellung ein (s. o.).

Abgesehen von der Ähnlichkeit im Habitus der neu beschriebenen Art mit den beiden anderen (vgl. Taf. I) und der gleichen Anzahl von Dornen und Borsten an den 2., 3. und 4. Extremitäten, sind doch wesentliche Unterschiede sowohl in bezug auf die Körperproportionen als auch in bezug auf charakteristische Merkmale zwischen ihnen vorhanden (vgl. Tab. 2 und 3), die die Aufstellung der neuen Art rechtfertigen.

Die neue Art benenne ich *Pseudocycnus thynnus* nov. spec., weil sie von mir nur auf *Thunnus thynnus* L. gefunden wurde und möglicherweise an diesen Wirt gebunden sein könnte. Die Type ist neben Paratypen im Institut für Meeresforschung, Bremerhaven, unter der Nr. 1/1954 aufbewahrt. Weitere Paratypen sind an das Bremer Überseemuseum (ÜMB Nr. 167/1) und das Zoologische Museum und Institut in Hamburg (Nr. 26 631) abgegeben worden.

Tab. 2. Abmessungen und Körperproportionen.

	P. appendiculatus ♀	*P. spinosus* ♀	*P. thynnus* n. sp. ♀			
			Type	Mittelwert	Max.	Min.
Totale Länge: mm	12—16	7,3	21,3	21,4	24,2	16,4
Caudale Fortsätze: mm	~ 4	3,0	5,0	5,7	6,7	3,8
Eischläuche: mm	versch., läng. als Körper	7,3	48,0	—	67,0	—
Chitinleisten:	19[1])	21[1])	27	24	27	21
Breite : Länge d. Cephalothorax:						
max. Breite [2])	1:1,31	1:1,37	1:1,13	1:1,13	1:1,23	1:1,04
min. Breite [2])	1:1,89	1:1,87	1:1,57	1:1,59	1:2,04	1:1,49
Breite : Lände d. verschmolzenen hinteren Körperregion	~ 1:6	~ 1:4	1:8,3	1:7,8	1:9,1	1:7,1
Länge d. caud. Fortsätze : Körperlänge	~ 1:3	~ 1:2,4	1:4,3	1:3,8	1:4,4	1:3,5

Anm. [1]) Die Zahlen der Chitinleisten sind den Original-Abbildungen entnommen.
[2]) Hier ist die maximale und minimale Breite des Cephalothorax gemeint. Für *P. appendiculatus* und *P. spinosus* sind die Abmessungen den Original-Abbildungen entnommen.

Bemerkungen zur Diagnose der Gattung *Pseudocycnus*.

Bei Durchsicht der Literatur stellte ich fest, daß die von verschiedenen Autoren gegebenen Diagnosen der Gattung *Pseudocycnus* in bezug auf die Ausbildung der 4. und 5. Extremitäten voneinander abwichen. Eine Diskussion dieser Unstimmigkeit ist daher erforderlich. Auszüge aus den Originaltexten sollen den Vergleich erleichtern:

HELLER 1865: „... pedes abdominalis breves, illi secundi paris biremis, reliqui omnes uniremes."

BRONN 1866—79: „Alle vier Paare von Spaltbeinen ausgebildet."
„..., nur das 2. Beinpaar zweiästig, die übrigen stummelförmig."

BASSETT-SMITH 1899: „... five pairs of rudimentary limbs; fourth and fifth minute stump-like; the last rising from the posterior extremity of the genital segment."

WILSON 1932: „... third and fourth leg uniramose, with setae, fifth legs obsolete."

In der ursprünglichen Fassung von HELLER (1865) sind keine Angaben über die Anzahl der Beinpaare enthalten. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß er für die der Gattungsdiagnose zugrunde liegenden Art *Pseudocycnus appendiculatus* HELL. vier Beinpaare angibt. Bereits

Tab. 3. Morphologische Unterschiede.

	P. appendiculatus ♀	*P. spinosus* ♀	*P. thynnus* n. sp. ♀
1. Antenne	3gliedrig, terminale Glied mit mehreren Borsten.	4gliedrig, terminale Glied: 2 Dornen, 4 Borsten, 3 oder 4 Dörnchen. 3. Glied: 1 Borste.	3gliedrig, terminale Glied wie bei *P. spinosus*. Mittlere Glied: 2 Borsten und 2 Dörnchen. Basalglied: 1 Dorn und 2 Dörnchen.
2. Antenne: Anzahl Dornen auf terminaler Klaue	1	1	2
2. Maxille	Endglied: terminal mehrere Dornen	Basalglied: 3 terminale Dornen. Endglied: terminal 12 Dornen, davon 7 auf dem „Kamm" u. 5 auf dem Haken	Basalglied ohne Dornen. Endglied: terminal 29 (Variationsbreite 18 bis 29) Dornen, davon 17 beiderseits des „Kammes" und 12 beiderseits des Hakens
Maxilliped: Anzahl der Haken auf der Klaue	1	1	2
Beinpaare	4	5	5
1. Beinpaar	terminal einige Borsten	2 kleine Haken und 2 kleine Borsten	2 Haken
3. Beinpaar	nur Endopodit	Endo- und Exopodit	nur Endopodit mit Dörnchenfeld an seiner Innenseite
5. Beinpaar	fehlt	vorhanden, unterhalb der lappenartigen Erweiterung des 4. Segmentes	vorhanden, innerhalb der vor den Genitalklappen liegenden Anschwellung.
Bedornung der caudalen Fortsätze	unbedornt	unbedornt	2 apikale Dornen nebst zahlreichen Dörnchen in unregelmäßiger Anordnung.

in BRONNS Klassen und Ordnungen des Tierreiches (1866/79) wird die Anzahl der Beinpaare als Hauptkriterium zur Bestimmung der Gattung *Pseudocycnus* HELL. allen anderen Merkmalen vorangestellt. Auch BASSETT-SMITH (1899) hält die Anzahl der Beinpaare für so charakteristisch, daß er sie mit in seine Gattungsdiagnose aufnimmt. Er zählt jedoch fünf Beinpaare und hält darüber hinaus die Lage des 5. Beinpaares dieser Gattung für so bedeutsam, daß er sie genau beschreibt. Das ist immerhin bemerkenswert, zumal er bei der Abfassung dieser Diagnose genau wie HELLER (1865) von *P. appendiculatus* (♀♀) ausging. Dieser Copepode hat aber nur vier Beinpaare(s. o.), was WILSON 1932 in der Artbeschreibung der Weibchen noch einmal besonders hervorhebt: „... fifth legs lacking"; in der Gattungsdiagnose schreibt er dagegen über das fünfte Beinpaar: „... fifth legs obsolete".

Da aber auch WILSON (1932) in der Beschreibung von *P. buccatus*, der zweiten Art, die seiner Gattungsdiagnose zugrunde liegt, das fünfte Beinpaar nicht erwähnt und bereits das vierte als veraltet („forth leg obsolete") bezeichnet, stimmen bei ihm Gattungs- und Artdiagnosen nicht überein.

Eine Erklärung für diese Widersprüche kann ich nur darin sehen, daß BASSETT-SMITH (1899) nicht *P. appendiculatus*, sondern die von mir oben beschriebene Art vorgelegen haben muß, da für diese die von ihm gegebene Lagebeschreibung des fünften Beinpaares zutrifft.

Durch das Auffinden von *P. spinosus* PEARSE 1952 und *P. thynnus* n. sp. braucht die von WILSON 1932 gegebene Gattungsdiagnose in bezug auf das fünfte Beinpaar nicht mehr abgeändert zu werden. Um jedoch allen Möglichkeiten gerecht zu werden, stelle ich folgende Neufassung zur Diskussion: „... fifth legs obsolete or lacking".

Unter Einschluß der beiden neuen Arten kann die von WILSON 1932 gebrachte Bestimmungstabelle wie folgt ergänzt und vereinfacht werden:

Schlüssel zur Bestimmung der Arten von *Pseudocycnus* HELL. (♀♀).

1. Caudale Anhänge etwa 1/3 der Körperlänge, am Ende zugespitzt.
   a) Caudale Anhänge ohne Dornen.
      1. Antenne dreigliedrig, vier Beinpaare, totale Länge 12—16 mm *P. appendiculatus* HELLER.
      1. Antenne viergliedrig, fünf Beinpaare, totale Länge 7—8 mm *P. spinosus* PEARSE.
   b. Caudale Anhänge mit zwei apikalen Dornen und zahlreichen Dörnchen.
      1. Antenne dreigliedrig, fünf Beinpaare, totale Länge 16,4—24,2 mm *P. thynnus* nov. spec.
2. Caudale Anhänge sehr kurz, so breit wie lang, an der Spitze abgerundet, jeder mit einem einzigen apikalen Dorn, totale Länge 4—5 mm. *P. buccatus* WILSON.

Biologische Notizen.

Die Verankerung der leuchtend rot gefärbten, großen weiblichen Copepoden (max. Länge 24,2 mm) erfolgt mittels der 2. Antennen und der Maxillipeden meistens am äußersten Ende der Blättchen eines Kiemenbogens, und zwar derart, daß von dem Parasiten lediglich nur ein kleiner Teil der braunschwarzen Eischläuche, die bis zu 67 mm lang waren, über die Spitze der Kiemenblättchen hinausragt. Männliche Tiere wurden nicht gefunden.

Fast alle Weibchen trugen mehr oder minder lange Eischläuche, in denen die Eier „geldrollenartig" angeordnet waren. Bei drei Exemplaren (Fangort des Wirtstieres: Weiße Bank 20. 8. 1954) muß die Entwicklung der Nauplien in den Eischläuchen fast beendet gewesen sein, da diese nach Überführung der Parasiten in Seewasserformalin auf dem Boden der Schale in größerer Anzahl vorgefunden wurden. Das Schlüpfen ist auf einen rein physikalischen Vorgang zurückzuführen. Die Nauplien sind von eiförmiger Gestalt und tragen am hinteren Ende zwei Borsten. Das erste Gliedmaßenpaar ist einästig und mit zwei langen Borsten versehen, das zweite und dritte sind zweiästig, Exopodite tragen vier und Endopodite nur zwei lange Borsten (vgl. Taf. II, Abb. 10 u. 11).

Über die Weiterentwicklung der planktisch lebenden Stadien kann nichts ausgesagt werden; ebensowenig über die räumliche Verbreitung dieses parasitischen Copepoden und über die Anzahl der Generationen in einem Jahr.

Anschrift des Verfassers:
Dr. C.-H. Brandes, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven-G.

Literaturverzeichnis

HELLER, C., 1865: Crustaceen, Reise Österreich. Freg. Novara Zool. Teil Bd. 2.

PEARSE, A. S., 1951: Parasitic Crustacea from Bimini Bahamas. Proc. U.S. Nat. Mus. Vol. 101, Nr. 3280.
1952: Parasitic Crustacea from the Texas Coast. Inst. Mar. Sci. Port Aransas, Texas.

WILSON, Ch. B., 1932: The Copepods of the Woods Hole Region Massachusetts. Smithonian Inst. U.S. Nat. Mus. Bulletin 158.

Studien zur Brack- und Seewassermykologie V

Höhere Pilze des submersen Holzes

Von Willy Höhnk

Mit 9 Tafeln und 1 Karte

An Hölzern, die dem See- oder Brackwasser dauernd oder tidenmäßig ausgesetzt sind, ist der Pilzbefall nicht so selten, wie die bis vor kurzem berichteten Funde es vermuten lassen können. Erst die Arbeit von Barghoorn and Linder (1944) richtete die Aufmerksamkeit auf dieses Mißverhältnis.

Linder, der den systematischen Teil bearbeitete, beschrieb 22 neue holzbewohnende Pilze aus marinen Habitaten an der atlantischen und der pazifischen Küste in den gemäßigten Breiten. Von ihnen sind 14 Ascomyceten (die zu sieben neuen und drei bekannten Gattungen gehören) und acht Fungi imperfecti (die drei neuen und vier bekannten Gattungen angehören). — Dazu erwähnen die Autoren einleitend den Fund eines nicht diagnostizierten Ascomyceten an Holz, das etwa sieben Jahre im Salzwasser submers gelagert hatte. Dieser Pilz hatte die Oberfläche des Substrats bis zu 6 mm Tiefe zerstört.

Wilson veröffentlichte 1951 eine Liste von 17 Pyrenomyceten und Fungi imp., die an den Küsten des St.-Georg-Kanals in der Tidenhubzone und unterhalb der Niedrigwasserlinie gefunden worden waren. Neun von ihnen besiedeln Holz und Tauwerk. 1954 fügte die Autorin zwei weitere holzbewohnende Ascomyceten, *Ceriosporopsis*arten, hinzu.

Aus subtropischen marinen Gewässern bei Florida, USA., berichtete Meyers 1953 und 1954 über sieben unterschiedliche, unbenannte Ascomyceten, die auch als Zerstörer von Holz und Tauwerk erkannt wurden.

An anderen höheren Pflanzen, *Zostera* und *Spartina*, sind drei weitere Ascomyceten beobachtet worden, und zwar von Saccardo (1883), Ellis and Everhardt (1885) und Mounce and Diehl (1934). Diese drei Pilze wurden von Linder als neue Kombinationen zu seiner neuen Gattung *Halophiobolus* gestellt.

Die anderen mir bekannt gewordenen höheren Pilze sind an Thallophyten und niederen Tieren gefunden worden. Bauch (1936) zählte 39 solcher Ascomyceten aus der Literatur von 1867—1935 auf und beschrieb dazu einen neuen.

Bei unseren Aufsammlungen während der Jahre 1952 und 1953 wurden 206 Holzproben eingebracht. Sie stammen von den wasserbedeckten Teilen der Kant- und Rundhölzer der Landungsbrücken, den Hafenanlagen und den Uferbefestigungen, den Priggen, die am Saum der Priele im Watt eingepflanzt sind und von treibenden oder während der Ebbe im Watt liegenden Holzteilen.

Die Fundorte sind der Strand der Insel Helgoland, das nach etwa zehnjähriger Lagerung zwischen Helgoland und Wangerooge aus 40 m Tiefe gehobene Wrack „Medea", der Saum der Nordseeinsel Wangerooge, das

Watt zwischen Carolinensiel und Wangerooge, das Steubenhöft bei Cuxhaven, das Bollwerk beim Hohe-Weg-Leuchtturm, die Pfähle auf der Robbenplate und die Uferhölzer bei Wremen und an der Schlei (Ostsee). Alle



Karte: Das Untersuchungsgebiet.

Standorte liegen im marinen Raum oder im poly- bis mesohalinen Brackwasser und sind auf der **Karte** eingezeichnet.

Die **Zeit** der Salzwassereinwirkung war bei den befallenen Hölzern sehr verschieden. Einzelne Hölzer am Wangerooger Hafen waren 1$^{1}/_{2}$—2

Jahre vor der Probenentnahme gesetzt worden. Andere, Holzteile vom Wrack „Medea", vom Hohe-Weg, vom Steubenhöft in Cuxhaven und von Helgoland, lagen bzw. standen mehrere bis viele Jahre im Wasser. Bei Cuxhaven wurden während unseres Besuches mehrere stark zerstörte Rundhölzer gezogen, die sich etwa 40 Jahre am Ort befunden hatten. Diese standen aber in festem Verband mit später gesetzten, noch tragenden Hölzern; ihre Nutzzeit war also wohl wesentlich kürzer.

Eine Reihe der Kanthölzer hatte man mit Fungiciden vorbehandelt. Einige dieser Versuchshölzer waren schon nach $1^1/_2$—2 Jahren stark pilzbefallen. Das stetig spülende Seewasser stellt der Konservierung neue Aufgaben. Gleichwohl sollen, nach mündlicher Mitteilung, mit Karbolineum behandelte Pfähle bei den Uferbefestigungen auf Wangerooge 25 bis 27 Jahre Nutzdauer erreichen.

Die Verteilung der 160 Proben von ortsfesten Substraten auf die angegebenen Standorte zeigt die Tabelle 1, dazu auch die Zahl der Substrate, von denen sie genommen wurden und die Zahl der Befunde. Die Zahl der Proben ist oft größer als die der Substrate. Das ist besonders bei den Priggenproben, die von Carolinensiel eingeholt wurden, der Fall. Von einem Substrat wurden dann mehrere Proben geschnitten, im Tidenhubgürtel in verschiedenen Höhen und oberhalb des Hochwassers bei den Priggen von mehreren Ästen und Zweigen. Dies trifft in besonderem Maße bei den Priggenproben von Carolinensiel zu. Aus dem Geäst von zwei Priggen, das 2,60 m oberhalb der Sandbank, dem Standort, ansetzte, wurden 16 Proben geschnitten. Es ist dem Fußgänger im Watt zwischen Carolinensiel und Wangerooge zur Ebbezeit nur in vereinzelten Fällen möglich, die hohen Kronen der Priggen mit den Händen zu erreichen.

Die Zahl der Befunde ist außer bei den Einzelproben von der Robbenplate und von Wremen gleich der Probenzahl oder niedriger, aber immer höher als $^3/_5$ der Proben. Der häufige Pilzbefall am Holz der begangenen Orte ist damit in hinreichender Weise nachgewiesen worden.

Die Tabelle 1 schließt 160 Proben von ortsfesten Holzsubstraten ein. Neben diesen wurden 46 von treibenden Substraten gewonnen. Diese beiden Gruppen werden in der Tabelle 2 nebeneinander aufgeführt. Für die weitere Gliederung der Aufsammlung von standortgebundenen Hölzern waren die Hoch- und Niedrigwasserlinien die Fixpunkte. — Zwischen ihnen sind die Proben des Tidenhubgürtels, darunter bzw. darüber die des dauernd submersen bzw. des luftigen Raumes geschnitten worden. Die treibenden Substrate sind dem Tidenhubgürtel eingereiht. Bis auf wenige lagen sie bei Ebbe im Watt. Die wenigen Ausnahmen trieben bei der Entnahme im Fahrwasser zwischen den Sandbänken. Früher oder später werden sie während Niedrigwasser wohl gleichfalls auf den Sanden zu finden sein.

		Helgoland			„Medea"			Cuxhaven			Robbenplate			Hoheweg			Wangerooge			Carolinensiel			Wremen		
		Substrate	Proben	Befunde	Substrate	Proben	Befunde	Substrate	Proben	Befunde	Substrate	Proben	Befunde	Substrate	Proben	Befunde	Substrate	Proben	Befunde	Substrate	Proben	Befunde	Substrate	Proben	Befunde
Nutzhölzer	im Tidenhub							16	21	13	1	1	—	13	13	9	14	18	17						
	unter Niedrigwasser	9	9	8	12	12	10	1	2	2				1	6	6	6	6	6						
Priggen	über Hochwasser																			2	16	15			
	im Tidenhub													4	4	4	10	16	13	6	17	12	1	1	—
	unter Niedrigwasser													2	2	2	6	9	9	4	7	5			
			9			12			23			1			25			49			40			1	

160 Proben von ortfesten Substraten

Tabelle 1: Erläuterung im Text

T a b e l l e 2 soll im wesentlichen den Prozentanteil der pilzbefallenen Proben zeigen. Bemerkenswert ist, daß im luftigen und im dauernd submersen Raum die Anteile sehr ähnlich sind und daß die T i d e n h u b - z o n e eine E i n e n g u n g dieser Werte um etwa 15 % aufweist.

Der sehr hohe Prozentsatz der Befunde von ± 90 % der Probenzahl sagt, daß unter Niedrigwasser und über Hochwasser der Pilzbefall die Regel ist. Obgleich die Häufigkeit in beiden Zonen sich fast g l e i c h t, bestehen

	ortfeste Substrate				treibende Substrate	
	Nutzhölzer:		Priggen:			
	Proben-zahl	davon pilz-befallen	Proben-zahl	davon pilz-befallen	Proben-zahl	davon pilz-befallen
über Hochwasser	—	—	16	15=93,7%	—	—
im Tidenhubgürtel	53	39=73,6/%	38	29=76,3%	46	34=73,9%
unter Niedrigwasser	35	32=91,3%	18	16=88,9%/	—	—
	88		72		46	

206 Proben

Tabelle 2: Erläuterung im Text

qualitativ Unterschiede. Im Luftraum bildet besonders der Artenschatz der luftangepaßten Pilze einen bedeutsamen Anteil. Sie mögen vom Winde herangetragen oder können vom früheren Lagerplatz oder Standort mitgebracht worden sein. Als Priggen werden meistens junge, noch berindete Bäume im Watt eingepflanzt.

Der um etwa 15 % g e r i n g e r e Befall im Tidenhubgürtel mag durch den dauernden Wechsel der Wasser- und Salzverhältnisse verursacht worden sein. Ihr gleichzeitiges Wirken verstärkt die Selektion, die außerdem durch die Salzkrustenbildung am Substrat bei Verdunstung oder Kälte noch erhöht wird.

In dieser mittleren Zone beeinflussen die Außenfaktoren die Vegetation in besonderem Maße störend und ausmerzend. Abgeschwächt wirken auch unter der Niedrigwasserlinie örtlich Störungsfaktoren, z. B. die Salzanreicherung an der Oberfläche während der Verdunstung. Es dürfte darum auch zu erwarten sein, daß, wenn es eine angepaßte Pilzflora im Salzwasser gibt, ein Schatz von Arten oder Varietäten h ö h e r e Salzwerte als 33 ‰ übersteht. In diesem Rahmen sind die Feststellungen von BARGHOORN and LINDER und GÄRTNER, daß einige von ihnen bearbeitete Formen bis zum doppelten Salzgehalt des Meerwassers ertragen können, wertvoll.

Die diagnostische Aufarbeitung unserer Befunde schreitet nur langsam vorwärts, weil die benötigte Literatur schwer zu beschaffen ist. In dieser ersten Zusammenstellung von Holzpilzen werden zehn Arten von neun Gattungen behandelt, von denen LINDER (1944) schon zwei und SUTHERLAND (1916) eine beschrieb; sechs Arten und zwei Gattungen sind neu. Sie besiedelten 71 der in den Tabellen eingerechneten Proben. Mehrere dieser Pilze, *Lignincola laevis, Ceriosporopsis hamata, Halophiobolus opacus, Helicoma maritima, Speira litorale* und *Alternaria maritima*, wurden inzwischen auch noch von mehreren anderen Stellen unserer Küste eingebracht.

Zur Methodik

Die Proben wurden mit dem Messer als etwa 4—7 mm dicke Späne von der Oberfläche geschnitten oder mit dem Zuwachsbohrer bis etwa 6 cm Tiefe aus dem Substrat am Ort herausgebohrt und in sterilen Gläsern transportiert. In Petrischalen gebracht, wurden sie mit Stückchen von Hanffäden und Strohschnitzeln, Hanfsamen, Chitinteilen und Pollen beködert und im membrangefilterten Wasser vom Standort gehalten.

Die im Holz wachsenden Pilze besiedeln die gebotenen Köder gewöhnlich n i c h t, ausnahmsweise wohl die Hanffäden und die Strohschnitzel und sehr selten auch sterilisierte Hanfsamen. — Einzelne Pilze bilden extramatrikal ein Mycel aus, das sparrig vom Holz absteht und meistens steril bleibt. Bei einzelnen anderen Arten kriechen die Hyphen vom Substrat auch auf den Schalenboden und werden dort gelegentlich fertil. Die Fruchtkörper dieser Formen entwickeln sich zunächst im Substrat und später ihm nahe. — Gelegentlich verraten auch die oberflächennah treibenden oder auf den Boden abgesunkenen Asco- und Pycnosporen die Anwesenheit von Holzpilzen. — Gute Dienste leistete uns bei der Betrachtung der Substrate die a u f f a l l e n d e Beleuchtung.

Für die Auswertung der Befunde ist die Ruhezeit der Proben in den Schalen von Bedeutung. Geteilte Proben in verschiedene Schalen gelegt, von denen die erste sofort und die anderen mehrere bis viele Monate später betrachtet wurden, ergaben nicht nur quantitativ, sondern gelegentlich auch qualitativ u n t e r s c h i e d l i c h e Ausbeute. Es wird wohl so sein, daß örtliche Verschiedenheiten in der Besiedlung des Substrats vorgelegen haben und daß anhaftende Sporen in der Zwischenzeit Mycel und später Fruchtkörper oder Konidien entwickelten. Es ist unwahrscheinlich, daß Neuinfektionen bei längeren Ruhezeiten zu Fehlanalysen geführt haben. Diese Fehlerquelle wurde von Beginn ab bedacht und darum praktisch eliminiert. Das Standortwasser war durch Feinmembranen zwei- bis dreimal gefiltert und die betreffenden Schalen wurden in der Zwischenzeit nur vereinzelte Male für Protokollnotizen geöffnet. Zudem handelte es sich stets um s u b m e r s gedeihende Formen, die in anderen Substratproben vom marinen oder brackigen Raum auch beobachtet werden konnten.

Systematischer Teil

A. *Pyrenomycetes*

1. *Remispora lobata* nov. spec.

Tafel 1, Abb. 1—7.[1])

Das Mycel wächst intra- und extramatrikal. Mit fortschreitender Zeit überwiegt in den ruhenden Kulturen das extramatrikale bei weitem und die Perithecien werden dann in großer Zahl an der Oberfläche des Holzes gebildet, während die früheren mehr oder weniger eingesenkt liegen. Der Pilz besiedelt auch Strohschnitzel.

Die Hyphen sind 1,5—2,5 μ breit, septiert und verzweigt.

Die Perithecien stehen einzeln oder in lockeren Häufungen. Sie sind kugelig oder fast kugelig; ihre Achsen messen 350—570 μ; die Farbe ist weißgrau oder kremgelblich. Die Hülle ist häutig und elastisch, bei Oberlicht glatt und glänzend. Unter ihr liegt ein etwa 9—40 μ dickes Polster meist ascogener Hyphen. — Die Entleerungstubi sind gewöhnlich einzeln, selten auch zu zweit vorhanden; sie sind oft unverzweigt, gelegentlich haben sie auch ein oder zwei Nebenäste. Sie sind gleichmäßig weit (± 38 μ), stielrund, oft eichenzweigmäßig knorrig, haben eine etwa 9 μ dicke Wand und graubräunliche Färbung.

Die Asci, bis etwa 72 × 32 μ, sind breitspindelförmig und verjüngen sich am oberen Ende zu einer stumpfen Spitze. Nach der Sporenbildung zerfließen sie oder zerstückeln; im letzteren Falle hängen Teile von ihnen einigen Sporen an. Paraphysen sind nicht vorhanden.

In jedem Ascus entstehen acht hyaline Sporen; sie haben stumpfe Spindelform oder elliptischen Umriß, mit den Achsen 16—21,6 (—25,7) × 9,4 bis 12,1 μ. Eine Zwischenwand teilt sie in zwei gleich oder ähnlich große Zellen, deren jede in reifem Zustande je eine relativ große Ölkugel enthält. Äußerlich haften den Sporen Teile des Restplasmas vom Ascus als Lappen unregelmäßigen Umrisses an. Sie sitzen häufig an den Enden, an beiden oder an einem, schnurrbartähnlich divergierend oder pfriemenähnlich spitz oder gedreht. Häufig ist der Ansatz der Lappen nicht zu erkennen, zumal wenn die daraufliegende Spore nur einen Teil des Grenzsaumes sichtbar werden läßt. Diese Anhängsel zerbröckeln oder fallen später ab.

Fundorte:

Wangerooge-West; Hafeneinfahrt, Niedrigwassermarke, ungeteertes Kantholz. 30. 7. 1952. 2 ×; Salzgehalt ca. 30 ‰.
Wrack, 60 cm über Niedrigwasser. 30. 7. 52. 1 ×.

Scharhörn, Holzprobe; 8. 5. 54. Salzgehalt ca. 26 ‰ (leg. Dr. KÜHL, Cuxhaven).

Schlei bei Lindaunis, submerser Rotdornzweig. 12. 7. 53. 1 ×; Salzgehalt ± 9 ‰.

Die drei Fundorte dieses Pilzes liegen sowohl im dauernd submersen als auch im Tidengürtel, im niedrig mesohalinen und auch im Meerwasser. In welchem Grade er das Substrat zerstört, ist später einmal zu zeigen.

---

[1]) Die Tafeln und die Karte wurden von Fräulein R. Naujoks, techn. Assistentin am Institut, gezeichnet.

Nach den augenfälligen Kriterien der Ascosporen und Asci könnte der vorliegende Pilz bei *Remispora* LINDER (1944) eingereiht werden. Auch die Färbung der Perithecien weist dahin; nur die Ansatzstelle und die Form des Entleerungstubus sind gegenüber der Diagnose der monotypischen Gattung unterschiedlich. Dort sitzt ein abgestumpft-kegelförmiger Hals dem Perithecium exzentrisch auf, hier entspringt zentrisch oder leicht exzentrisch ein langer und fädiger Tubus dem Fruchtgehäuse. Die laufenden Kulturstudien werden entscheiden helfen, ob eine Umgliederung oder die Errichtung einer neuen Gattung sich empfiehlt. — Zu *Massarinula* bestehen die schon von LINDER aufgezählten Unterschiede auch hier: die gattungstypische *R. maritima* LINDER und unsere Art unterscheiden sich außerdem noch durch die verschiedenen Längsachsen der Ascosporen.

Remispora lobata nov. spec.

Peritheciis solitariis vel gregariis, immersis, omnino aut carptim in substrato, aut in superficie, globosis aut subglobosis, axis 350—470 μ cremeis usque ad canis, membranaceis, laevibus, nicentibus, elasticis; ostiolis longis, singulis, nonnumquam furcatis, filiformibus; ascis late fusiformibus cum 8 ascosporis; ascosporis hyalinis, fusoideis uniseptatis axis 16—21,6 (—25,1) × 9,4—12,1 μ sine appendiculis ad apicem appendiculis, simile barbae, lobis aut subiliformibus.

Hab.: *In ligno; in aqua marina et aqua salina ad oram maris Germaniae et in sinu maris baltici.*

Den Empfehlungen WILSONS (1954) folgend, können die beiden nächsten Pilze der Gattung *Ceriosporopsis* LINDER (1944) eingegliedert werden. Die ursprüngliche Diagnose muß darüber hinaus auch die kugelige oder fast kugelige Form der Perithecien zulassen. Solange das Substrat noch relativ fest ist, sind die Perithecien eiförmigen oder fast elliptischen Umrisses. Ist das Holz aber während mehrmonatiger Ruhezeit sehr weich geworden, entstehen auch die kugeligen Fruchtgehäuse, wie sie auf der Tafel 2 für *C. barbata* gezeigt werden. Die kugelähnliche Form dominiert sogar bei *C. hamata,* und ihre jungen Perithecien sind dazu gelblichhell und dunkeln erst später bis zu einem Grau.

Tafel 1: *Remispora lobata* HÖHNK.

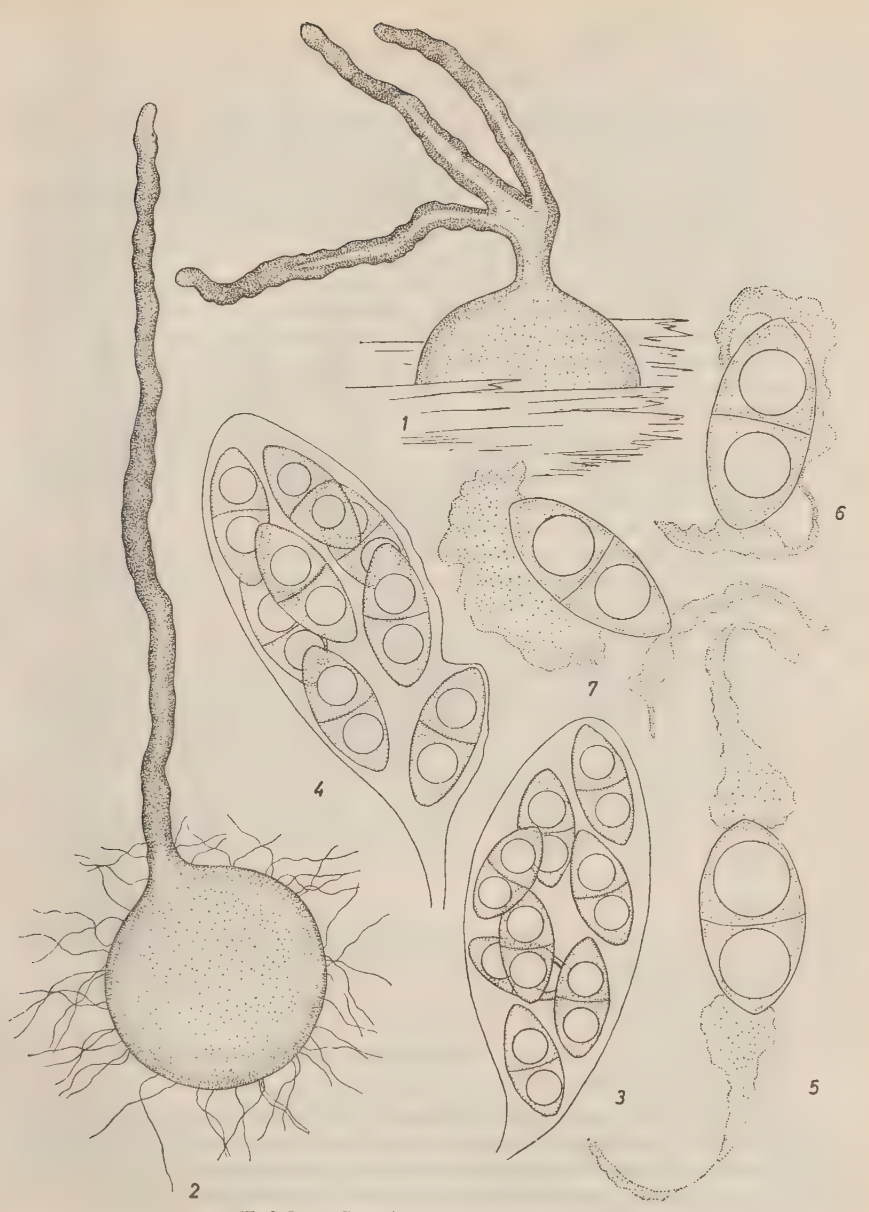
Abb. 1: Habitus, ein halb ins Substrat eingesenktes Perithecium mit gegabeltem Entleerungshals.

Abb. 2: Frei präpariertes Perithecium mit langem Tubus.

Abb. 3 u. 4: 2 Asci mit je 8 reifen Sporen, 1 Ascus mit glattem und 1 Ascus mit gekerbtem Umriß.

Abb. 5—7: Ascosporen mit pfriemenähnlichen, schnurrbartähnlichen und lappigen Anhängseln.

Abb. 1 u. 2: ca. 60 ×, 3 und 4: ca. 1080 ×, 5, 6. u. 7: ca. 1700 ×.



Tafel 1: *Remispora lobata* HÖHNK

2. *Ceriosporopsis barbata* nov. spec.

Tafel 2, Abb. 1—5.

Das Mycel wächst intra- und extramatrikal im bzw. am Holz. — Die Hyphen sind septiert, 2,3—3,2 μ breit, leicht bräunlich und wenig verzweigt.

Die Perithecien sind ganz oder zum Teil ins Substrat eingesenkt oder liegen diesem (in der Kulturschale) unmittelbar an. Ihre Form ist darum unterschiedlich, kugelig bis sackartig, im letzteren Falle oval im Umriß; die längere Achse liegt dann in der Faserrichtung des Holzes. Die Durchmesser betragen 147—225 μ, die Achsen der nicht kugeligen 176—196 × 117—137 μ. Gewöhnlich ist ein schlauchartiger, 245—706 μ langer, an Basis und Spitze fast gleich weiter Entleerungstubus vorhanden. Dieser durchdringt nicht allein die deckende Holzschicht, sondern ragt häufig noch weit darüber hinaus ins Wasser. Gewöhnlich ist das herausragende Tubusende zerfranst. Die Wasserbewegung mag es verursachen; sie hilft auch bei der Entleerung der Ascosporen. — Die Farbe der Perithecien ist tief dunkelbraun bis schwärzlich. Die im Oberlicht in der Jugend glänzend erscheinende Perithecienwand ist zunächst elastisch und wird mit zunehmendem Alter weicher und schlaff. Sie läßt auch nach Entleerung noch lange die Hyphenelemente erkennen.

Asci wurden nur in unfertigem Zustande beobachtet. Sie waren sackförmig und ließen die Bildung von acht Ascosporen erkennen. Ihre Membran zerfließt frühzeitig, schon bei der Sporenreifung. Paraphysen sind nicht vorhanden.

Die zweikammerigen Ascosporen sind im seitlichen Umriß oval und von einer Schleimhülle umgeben, die anscheinend wie ein Schlauch die Spore umhüllt. Seitlich liegt er den Sporen eng an, ragt aber mit den konisch auslaufenden Enden weit über sie hinaus. Diese bartähnlichen Fortsätze sind an der Basis gewöhnlich leicht eingeschnürt und verlaufen in der Längsachse der Spore oder sind im oberen Teil gebogen. Die Achsen der Ascosporen ohne die Schleimhülle messen 18,9—24,8 × 8,7—12,2 μ, die bartähnlichen Fortsätze sind an der Basis 5,4—8,1 μ breit und bis zu 21,6 μ lang. Jede der beiden Kammern enthält neben einer großen Ölkugel noch mehrere kleinere.

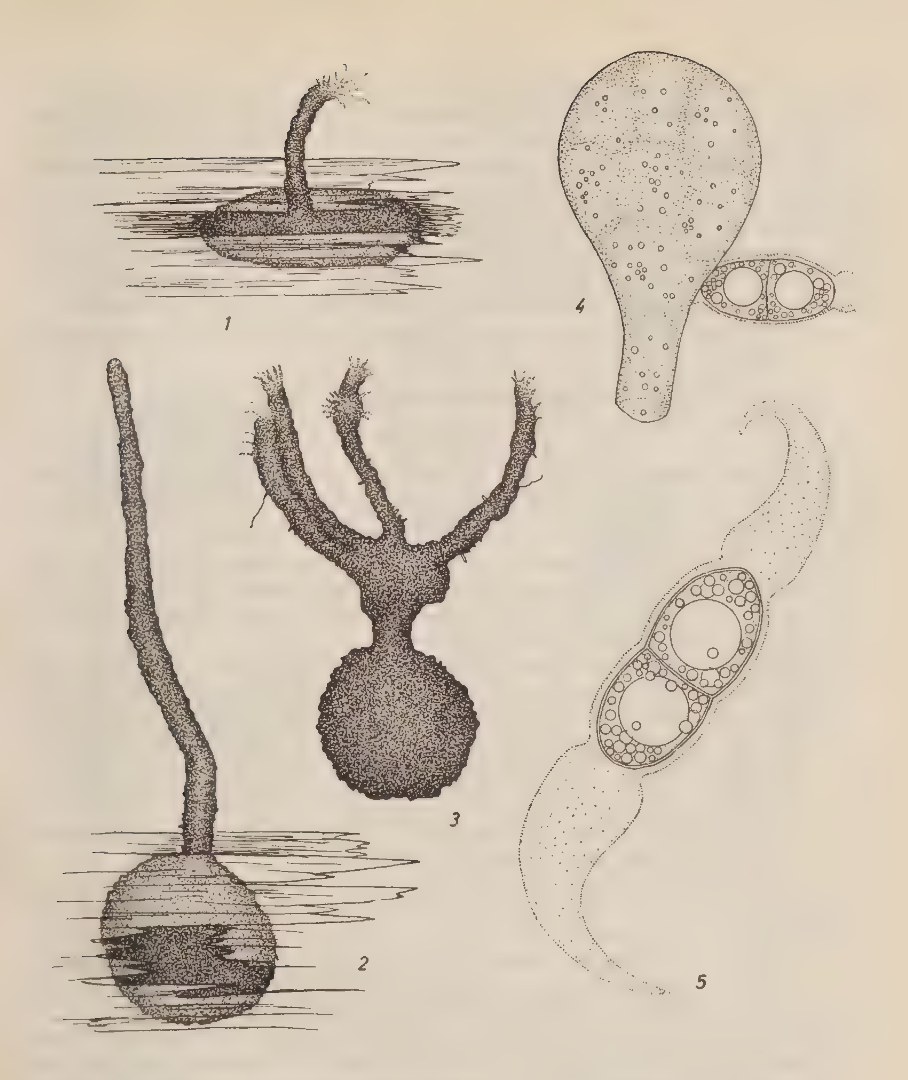
Fundorte:

Charlottenlund bei Kopenhagen, Späne von submersen Brückenhölzern, etwas unterhalb der Wasserlinie. 13. 8. 53. 1 × (Prof. Friedrich, Bremerhaven); Salzgehalt ca. 32 ‰.

Tettens, 8 km östlich von Bremerhaven, von Treibholz. 2. 9. 53. 1 ×; Salzgehalt ca. 12 ‰.

Wremen, 9 km nördlich von Bremerhaven, von Treibholz. 24. 11. 53. 1 ×; Salzgehalt ca. 11 ‰.

Diese Art ist von den beiden bekannten, *C. halima* Linder und *C. cambrensis* Wilson, durch die Kriterien der Perithecien und der Ascosporen gut zu unterscheiden. Meyers' (1954) Form 3 kommt unserer im Umriß der Fruchtgehäuse, dem zentrischen Ansatz des Tubus und den Massen sowohl der Perithecien als auch der Ascosporen am nächsten.



Tafel 2: *Ceriosporopsis barbata* HÖHNK.

Abb. 1: Perithecium mit ovalem Umriß, eingebettet im Holz.
Abb. 2: Kugeliges Perithecium mit langem Entleerungshals.
Abb. 3: Kugeliges Perithecium mit gegabeltem Hals.
Abb. 4: Ein sehr junger Ascus, beginnende Plasmaaufteilung zeigend.
Abb. 5: Ascospore mit bartähnlichen Fortsätzen.
Abb. 1, 2 u. 3: ca. 95 ×, 4: ca. 836 ×, 5: ca. 1690 ×.

Ceriosporopsis barbata nov. spec.

Perithcciis solitariis et sparsis, immersis, omnino aut carptim in substrato aut in superficie, globosis (diam. 147—225 μ) aut saccatis (axis 176 bis 196 × 117—137 μ) cum sacculis parallelis ad fibras ligni, membranaceis elasticis, posterior mollibus et collabescentibus, fuscis usque ad nigris; ostiolis longis 245—706 μ singulis nonnihil furcatis, filiformibus; ascis non visis; ascosporis hyalinis, uniseptatis, ad septum constrictis, ellipsoideis, circumdatis tunica mucosa, axis 18,1—24,8 × 8,7—12,2 μ sine appendiculis, ad apicem appendiculis, simile barbae, deliquescentibus aut decidentibus.

Hab.: *In ligno; in aqua marina* (Kopenhagen) *et aqua salina ostii visurgis.*

3. *Ceriosporopsis hamata* nov. spec.

Tafel 3, Abb. 1—5.

Dieser Pilz macht die größte Ausweitung der Gattungsdiagnose notwendig. In der Tönung ist er *C. cambrensis* und in der Perithecienform dem vorgehend und dem von Meyers beschriebenen ähnlich.

Das Mycel wächst intra- und extramatrikal, besonders an Holz. In der ruhenden Kulturschale liegt es nach mehreren Monaten auch locker, mattenartig, dem Substrat auf. — Die Hyphen sind septiert, verzweigt, 1,8 bis 3,2 μ breit und leicht bräunlich gefärbt.

Die Perithecien liegen ganz im Substrat, sind zum Teil eingesenkt oder liegen im ruhigen Wasser der Schale, gelegentlich auch dem Substrat, Holz oder Stroh, auf. Sie erscheinen hell, matt, nicht glänzend, haben kugelige oder fast kugelige Form, einen Durchmesser von 180—245 μ und sind mit klar sichtbaren, dunkelbraunen Hyphen vielfach im oder am Substrat verankert. Die gewöhnlich gekrümmten Entleerungstubi sind in Einzahl oder zu einigen am Perithecium vorhanden. Sie sind ebenso hell getönt, haben eine rauhe Oberfläche, 490—890 μ Länge und eine Breite am Ansatz von 34—59 μ und an der Spitze von 30—40 μ.

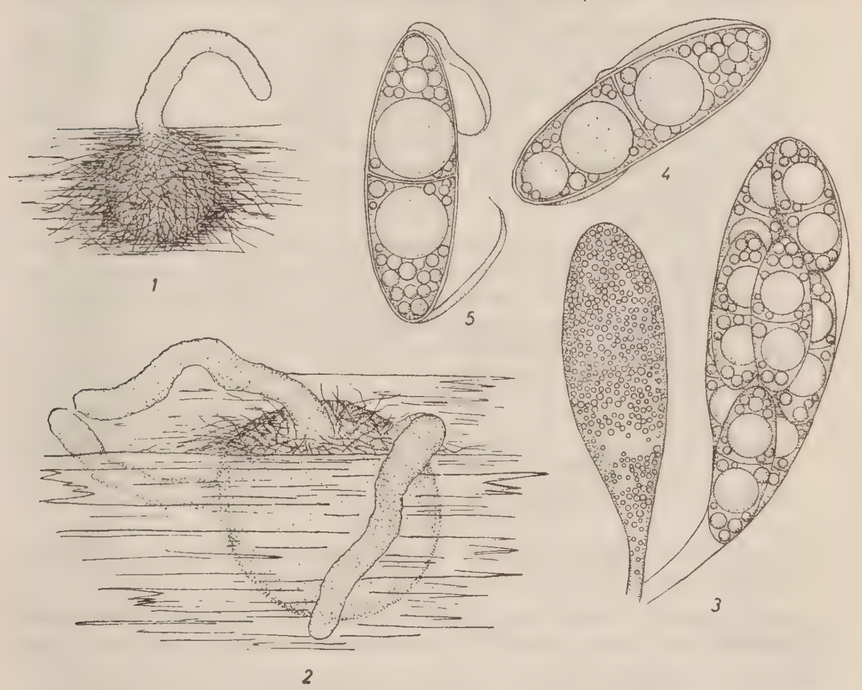
Gewöhnlich sind beim Präparieren nur junge Asci mit unfertigen Sporen gesehen worden, selten solche mit reifen Ascosporen. Solche sind transparent, haben spindelige oder keulige Form mit der größeren Breite in oder nahe der Mitte, Achsen von 64—93 × 17—22,5 μ und enthalten acht Sporen.

Die Ascosporen sind zweikammerig, hyalin, haben elliptischen Umriß, Achsen von 24,3—29,7 × 8,1—8,8 μ und gewöhnlich an jedem Ende einen hakenförmigen Fortsatz. Im Ascus und während des Austritts liegen diese den Sporen an. Etwas später zeigt sich, daß nur ein Ende an einer Sporenspitze fest inseriert ist. Um diesen Insertionspunkt winkelt sich der Fortsatz wie der Schenkel eines Zirkels von der Spore ab und verharrt dann in spitzer, rechter oder auch leicht stumpfer Winkelstellung. Sein freies Ende ist gewöhnlich gebogen und gibt ihm das Ansehen eines Enterhakens, der dazu bestimmt ist, die Spore im bewegten Wasser an einem neuen Substrat zu befestigen. — Diese Bildungen sind etwa 8—10 μ lang und am Insertionsende etwa 1,35 μ dick. Im reifen Zustande enthält jede der beiden Kammern Ölkugeln verschiedener Größe.

F u n d o r t :
Watt bei W r e m e n; Prigge und Schilf am Priel, Niedrigwasserlinie. 24. 11. 53. 3 ×; Salzgehalt ca. 12 ‰.

C e r i o s p o r o p s i s   h a m a t a nov. spec.

Peritheciis solitariis et sparsis, immersis, omnino aut carptim in substrato aut in superficie, globosis aut subglobosis, diam. 180—245 μ, cremeis usque ad canis, non spendidis; ostiolis longis, 490—800 μ, centricis aut paulum



Tafel 3: *Ceriosporopsis hamata* Höhnk.
Abb. 1 u. 2: Habitus, Perithecien mit 1 bzw. 3 Entleerungshälsen, eingebettet im Substrat.
Abb. 3: Ein junger Ascus und einer mit reifen Ascosporen.
Abb. 4: Ascospore, gerade ausgetreten, mit anliegenden Haken.
Abb. 5: Ascospore mit abgewinkelten, hakenähnlichen Anhängseln.
Abb. 1: ca. 83 ×, 2: ca. 130 ×, 3: ca. 935 ×, 4 u. 5: ca. 1646 ×.

excentricis, curvatis, singulis aut compluribus; ascis fusiformibus aut clavatis, axis 64—92 × 17—22,5 μ, cum 8 ascosporis; ascosporis hyalinis aut paulum coloratis, ellipsoideis, axis 24,3—29,7×8,1—8,8 μ, uniseptatis, ad apicem appendiculis hamatis, 8—10 × 1,35 μ.

Hab.: *In ligno, in aqua salina ostii visurgis.*

4. *Palomyces quadri - remis* nov. gen. nov. spec.
Tafel 4, Abb. 1—3.

Eine der Proben, die Prof. FRIEDRICH (Bremerhaven) aus der Umgegend Kopenhagens mitbrachte, barg den folgenden Pilz.

Das Mycel wächst intra- und extramatrikal und bildet im ruhigen Wasser der Schale auch ein lockeres Geflecht auf dem Substrat. — Die Hyphen sind septiert, verzweigt, 1,5—3 μ breit und hyalin, grünlich bis bräunlich.

Die Perithecien sind am Standort ganz oder teilweise ins Holz eingesenkt, liegen in der Kulturschale dem Substrat aber auch in großer Zahl auf. Sie sind kugelig oder fast kugelig, haben einen Durchmesser von 180—400 μ und helle Tönung, mattglänzend. In der Wandung sind die Hyphenelemente erhalten, ebenso wie in den Entleerungshälsen, die einzeln oder zu einigen an jedem Perithecium vorhanden sind. Ihre Länge mißt 500—600 μ, ihre Breite an der Basis ca. 50 μ und an der Spitze ca. 40 μ.

Beim Präparieren traten keine Asci auf; ihre Wandungen lösten sich vorher auf.

Die Ascosporen sind elliptischen Umrisses, zweikammerig mit leichter Einengung an der Zwischenwand und hyalin,. Ihre Achsen messen 21,6—29,7×8,1—10,8 μ. Sie haben an jedem Ende in der Regel vier fast rechtwinklig zur Sporenlängsachse abstehende, gewöhnlich leicht geschwungen und konisch verlaufende Fortsätze, die lange erhalten bleiben und erst später abfallen. Ihre Länge beträgt 14,8—20 μ, die Breite an der Insertionsstelle 2,5—4 μ. Die reifen Ascosporen enthalten in jeder Kammer neben einer großen Ölkugel noch viele oder mehrere kleine Kugeln. — Auch bei diesem Pilz zeigen die Ascosporen morphologische Eigenarten, die die Schwebedauer im Wasser verlängern helfen und geeignet sind, das Haften an neuen Substraten zu erleichtern.

Fundort:

Kopenhagen, Holzspäne von einem Brückenpfosten, etwas unter der Wasserlinie. 13. 8. 53. 1 x; Salzgehalt ca. 32 ‰.

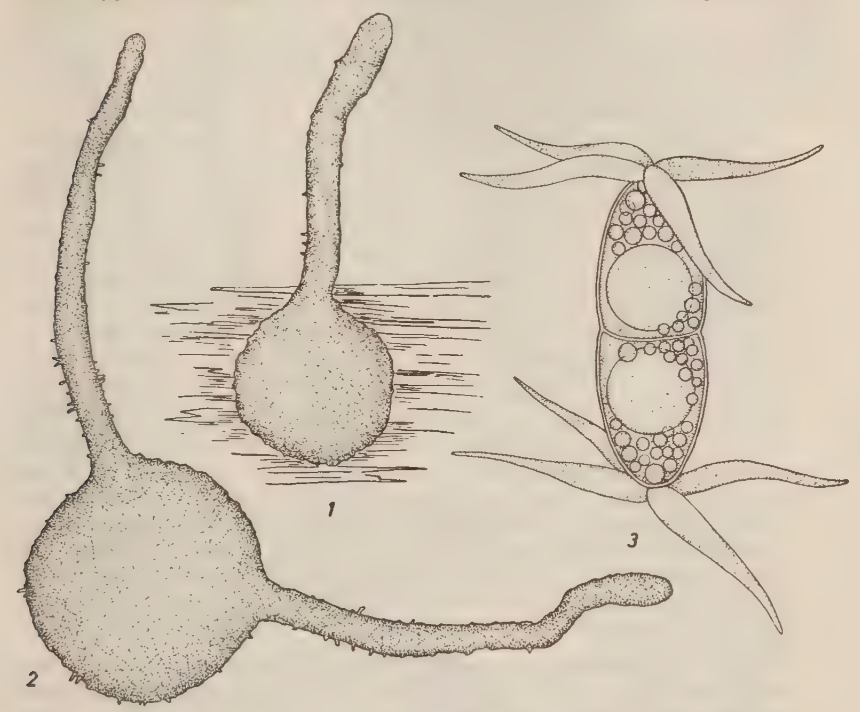
Dieser Ascomycet scheint im polyhalinen und marinen Wasser am besten zu gedeihen, bei einem Salzgehalt von 8 ‰ war seine Erhaltung in den Schalen in Frage gestellt.

Außer der bei MEYERS (1954) erwähnten Form 7 scheint die Literatur keinen nahen Verwandten zu kennen. Mit ihr könnte dieser zu einer Gattung vereinigt werden, wenn nicht die Unterschiede in Färbung und Umriß der Perithecien ähnlich lägen, wie bei *Ceriosporopsis.* Jene Gattung vereint schwärzliche Fruchtgehäuse mit kurzen Hälsen und hellere Perithecien mit langen Tuben, bei der hier neu zu errichtenden würde dann das gleiche vorliegen. Die neue Gattung gehört wie die vorigen drei Pilze zu den ***Didymosporae*** der Pyrenomyceten. — (palus = der Pfahl, mycetes = Pilze.)

Palomyces nov. gen.

Peritheciis solitariis, immersis in substrato aut in superficie, globosis aut subglobosis, cremeis usque ad canis, membranis mollibus hyphis conspicuis;

ostiolis singulis aut nonnullis, curvatis, filiformibus; ascis non visis; ascosporis hyalinis, ellipsoidis, uniseptatis, ad septum constrictis, ad apices ambos appendiculis, recte patulis, posterior deciduis aut deliquescentibus.



Tafel 4: *Palomyces quadri-remis* Höhnk.

Abb. 1 u. 2: Habitus, fast kugelige Perithecien mit 1 bzw. 2 Entleerungshälsen.
Abb. 3: Eine Ascospore mit 4 konischen, sternhaft angeordneten Anhängseln an jedem Ende.
Abb. 1 u. 2: ca. 110 ×, 3: ca. 1700 ×.

Palomyces quadri-remis nov. spec.

Peritheciis solitariis, immersis, omnino aut carptim in substrato aut in superficie, globosis aut subglobosis, diam. 180—400 μ, cremeis usque ad canis, membranaceis, paulum splendidis; ostioli singulis aut nonnullis, paulum curvatis, filiformibus 500—600 μ; ascis non visis; ascosporis hyalinis, ellipsoideis, uniseptatis, ad septum constrictis, axis 21,6—29,7×8,1—10,8 μ sine appendiculis, ad apices ambos plurimum 4 appendiculis, recte patulis, 14,8—20 μ, posterior deciduis aut deliquescentibus.

Hab. *In ligno; in aqua marina* (Kopenhagen).

5. *Lignincola laevis* nov. gen. nov. spec.

Tafel 5, Abb. 1—4.

Dieser Pilz wurde von uns nicht nur als erster Holzbewohner gefunden, er dürfte hier auch wohl der häufigste submerse Ascomycet sein. Seine zahlreichen ausgetretenen und an der Oberfläche des Wassers treibenden Ascosporen verrieten seine Anwesenheit. In ruhenden Schalen ist er durch die langen Entleerungshälse der Fruchtgehäuse nicht zu übersehen.

Am Standort draußen wachsen die Hyphen überwiegend intramatrikal. Im ruhigen Wasser der Kulturschale überzieht das Mycel auch die Oberfläche des Substrats locker filzig, mattenartig. — Die Hyphen sind septiert, hell-grünlich bis umbrafarben, verzweigt und 2,0—3,5 μ breit.

Die Perithecien entstehen an den Priggen gewöhnlich zwischen Holz und Rinde, liegen aber auch eingesenkt im oder oberflächlich auf dem holzigen Substrat in der ruhenden Kulturschale. Sie sind meist kugelig mit Durchmessern von 170—250 μ; selten sind die Achsen merklich verschieden. Die jugendlich helle Färbung dunkelt schnell bis tiefbraun oder schwarz.

Die Tubi sind gewöhnlich einzeln, seltener zu zweit an jedem Perithecium vorhanden. Sie sind schlauchartig, lang (bis zu 4 mm), am Ansatz 30—40 μ und an der Spitze 25—30 μ breit. Sie durchwachsen die deckende Rinde oder Holzschicht und ragen darüber hinaus ins Wasser hinein. Ihre Spitze ist hell und, wenn geöffnet, von der Bewegung des Wassers besenartig zerfranst. Die Hyphenelemente bleiben erhalten und sind über lange Monate noch lebend. Wenn die Perithecien z. B. alt oder nur teilweise entleert sind, entstehen in etwa halber Länge der Tubi Schwellungen mit oft unregelmäßigem Umriß und mit kleineren Achsen, als das Perithecium hat. Diese Schwellungen enthielten in unseren Präparaten nur Ascosporen, keine Asci. Das würde heißen, daß die Sporen auf dem Weg durch den langen Tubus nach außen neu gesammelt worden sind, um dann eher austreten zu können.

Beim Zerdrücken der Perithecien bleiben die Asci oft erhalten. Sie sind keulenartig und haben die größere Breite in der oberen Hälfte; ihre Achsen messen von 49—63,7×14,8—19,6 μ, und sie enthalten acht Sporen. Paraphysen sind nicht vorhanden.

Die Ascosporen sind zweikammerig, elliptischen Umrisses, an der Zwischenwand gewöhnlich leicht eingeschnürt, hyalin oder leicht rauchfarbig, haben Achsen von 16,2—20,25×6,0—8,1 μ und enthalten, wenn reif, ein oder zwei Ölkugeln in jeder Kammer.

Fundorte:

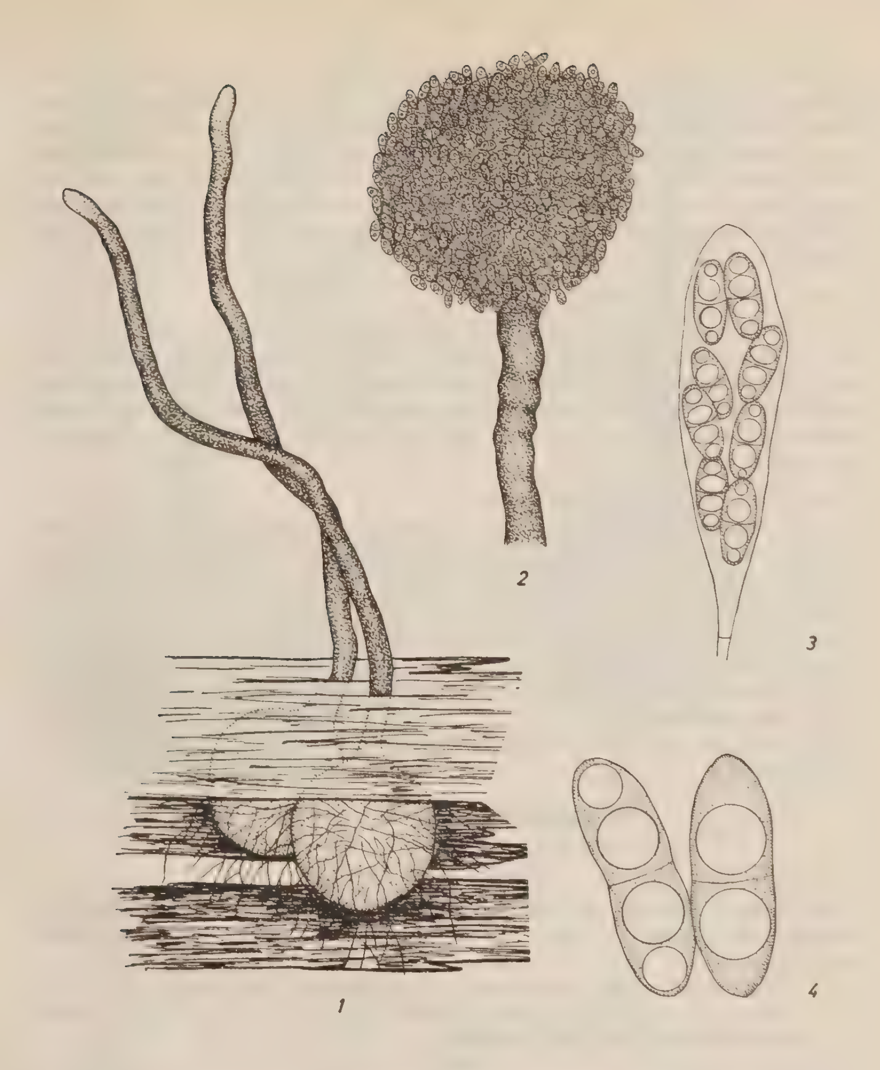
Wangerooge, Priggen vor dem Südstrand, an und 40 cm unter der Niedrigwasserlinie. 27. 7. 52. 4 ×; Salzgehalt ca. 30 ‰.

Wangerooge, Priggen vor dem Ostanleger, unter Niedrigwasserlinie. 30. 7. 52. 3 ×; Salzgehalt ca. 30 ‰.

Cuxhaven, Steubenhöft, geschältes Nutzholz, unter der Niedrigwasserlinie. 23. 3. 52. 2 ×; Salzgehalt ca. 26 ‰.

Tettens, berindete Prigge am Siel im Watt, an der Niedrigwasserlinie. 2. 9. 53. 1 ×; Salzgehalt ca. 12 ‰.

Wremen, berindete Prigge im Watt, unter der Niedrigwasserlinie. 24. 11. 53. 2 ×; Salzgehalt 9,4 ‰.



Tafel 5: *Lignincola laevis* Höhnk.

Abb. 1: Habitus, 2 Perithecien im Holz mit langen Entleerungshälsen.
Abb. 2: Die ausgetretenen Ascosporen vorm Ostiolum.
Abb. 3: Ascus mit 8 reifen Ascosporen.
Abb. 4: Ascosporen, am Septum eine leichte Einschnürung zeigend.
Abb. 1: ca. 105 ×, 2: ca. 210 ×, 3: ca. 665 ×, 4: ca. 1750 ×.

Dieser Ascomycet ist ein Salzwasserbewohner. Er ist im marinen und polyhalinen Brackwasser relativ oft gefunden worden, aufwärts im Ästuar nimmt seine Häufigkeit ab. Im Wasser unter 7 ‰ Salzgehalt ist er uns, trotz Nachsuchens, nicht begegnet. — Vielleicht ist die Form 4 bei MEYERS (1954) unserer ähnlich. Sonst ist mir in der Literatur dieser Pilz nicht begegnet; er gehört zu den ***Didymosporae*** der *Pyrenomycetes*, wie auch die vorhergehend behandelten vier Pilze. — (lignum = Holz, incola = Bewohner.)

Lignincola nov. gen.

Peritheciis solitariis et gregariis, immersis in substrato aut in superficie, globosis aut paulum subglobosis, brunneis usque ad atris, membranaceis, coriaceis; ostiolis longis, filiformibus, sine paraphysibus; asci fusiformibus (aut clavatis), nonnihil cum appendiculis lobis, 8 sporis; ascosporis hyalinis aut paulum coloratis, uniseptatis, ad septum constrictis, sine appendiculis.

Lignincola laevis nov. spec.

Peritheciis solitariis et gregariis, immersis in substrato aut in superficie, globosis aut paulum subglobosis, diam. 170—250 μ, brunneis usque ad atris, membranaceis, coriaceis; ostiolis longis (— 4 mm), filiformibus, apicibus dilutis, posterior diducentibus, crebro cum pseudoperitheciis, sine paraphysibus; ascis fusiformibus (aut clavatis) cum appendiculis lobis, axis 49—63,7×14,8—19,6 μ, 8 sporis; ascosporis hyalinis aut paulum coloratis, ellipsoideis, uniseptatis ad septum constrictis, axis 16,2—20,25×6,0—8,1 μ, sine appendiculis.

Hab.: *In ligno; in aqua marina (Wangerooge et Cuxhaven) et aqua salina ostii visurgis.*

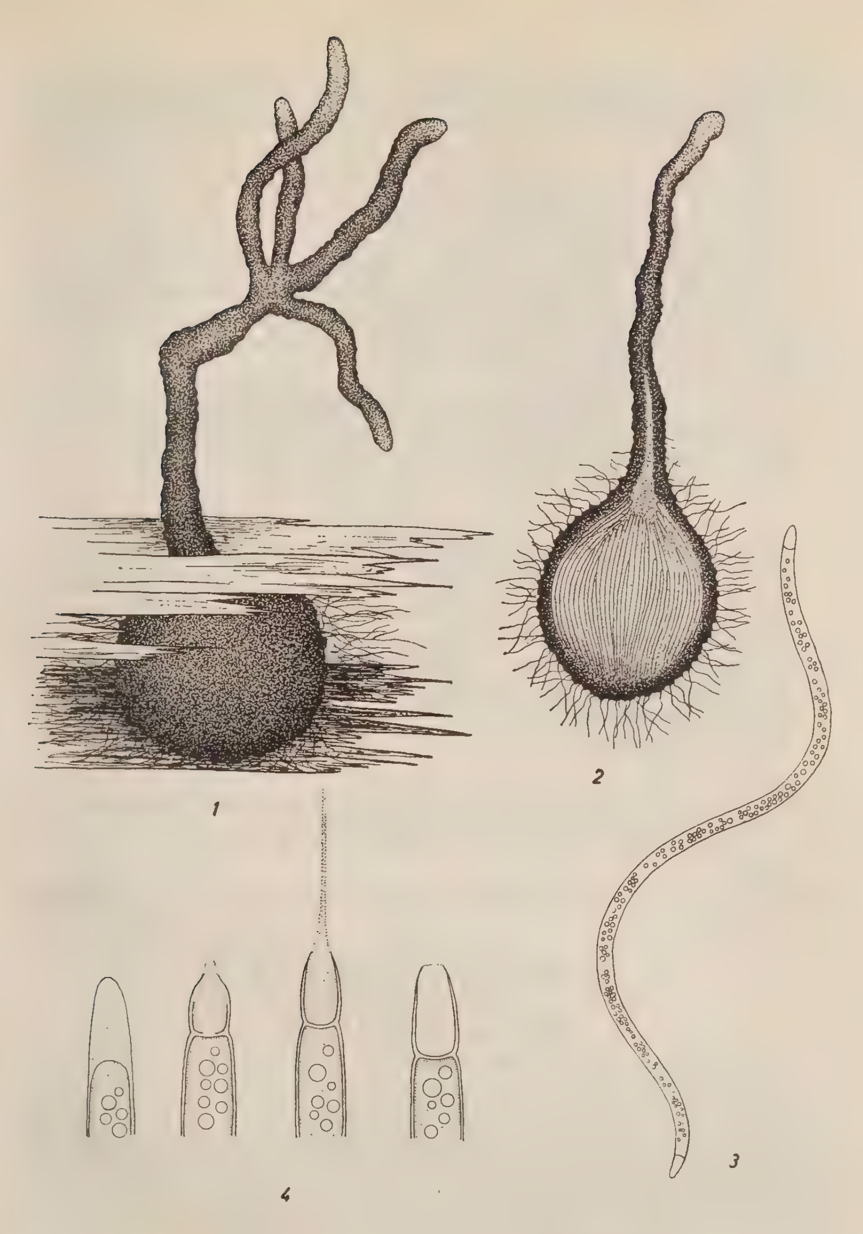
6. *Halophiobolus opacus* LINDER 1944.
(Farlowia 1: 417, Tafel 6, Abb. 1—5.)
Tafel 6, Abb. 1—4.

Der folgend behandelte Pilz entspricht im wesentlichen der LINDERschen Beschreibung. Unsere Form hat längere Maximalmaße bei den Ostioli und Ascosporen.

Das Mycel wächst intra- und in der ruhenden Kulturschale auch extramatrikal. Die Hyphen sind verzweigt, 1,8—3,1 μ breit und in der Jugend hyalin-grünlich, im Alter bräunlich.

Tafel 6: *Halophiobolus opacus* LINDER, 1944.

Abb. 1: Habitus, ins Holz eingesenktes Perithecium mit gegabeltem Entleerungshals.
Abb. 2: Radialschnitt durch ein Perithecium mit den Asci.
Abb. 3: Eine Ascospore.
Abb. 4: 4 Phasen vom Austritt der Klebsubstanz aus den konischen Endkammern der Ascosporen.
Abb. 1 u. 2: ca. 105 ×, 3: ca. 610 ×, 4: ca. 2800 ×.



Tafel 6: *Halophiobolus opacus* Linder

Die Perithecien liegen einzeln in lockerer Häufung, und zwar ganz oder zum Teil eingebettet im holzigen Substrat. Sie sind kugelig oder fast kugelig und haben Achsen von 189--295 μ. Unterhalb der Oberfläche liegend, zeigen sie auch etwas abgeplattete Formen, mit eiförmigem oder ovalem Umriß. Die Wand zeigt drei Schichten, von denen die braun bis schwärzlich gefärbte pseudoparenchymatische mittlere die dickere ist und dem Perithecium die Festigkeit verleiht. Nach innen legt sich ihr eine dünne Tapete hellerer Hyphen an, und außen ist das Ganze von einer lockeren Lage dunkelbrauner Hyphen umgeben, die in das Holz hineinwachsen oder das Substrat locker überziehen können. Die einzeln vorhandenen Tubi sind bis zu etwa 650 μ lang, an der Basis bis 40 μ und an der Spitze etwa 25 μ breit. Gelegentlich treten im oberen Teil Verzweigungen auf.

Die Asci sind fast zylindrisch, im jugendlichen Zustande leicht keulig. Sie enthalten acht Sporen, die, wenn reif, leicht gedreht nebeneinander liegen. Asci sind in nur einem Perithecium gefunden worden, in allen anderen Fällen waren die Asciwände schon gelöst.

Die hyalinen Ascosporen sind fadenförmig, gewöhnlich gebogen oder einmal spiralig gedreht, 161—206 μ lang und 2,7—4,2 μ breit. Der Raum zwischen den beiden konischen Kammern an den Enden ist einzellig und birgt viele, oft perlschnurartig gelagerte kleine Öltröpfchen. Die 5,4—9,4 μ langen Kammern an den Enden enthalten eine homogene, zähflüssige Substanz, die eine Zellwandkontur (im trockenen System) nicht erkennen läßt. Sie wird erst sichtbar, wenn ihr Inhalt an der Spitze austritt. Die langsam herausquellende, klebrige Flüssigkeit befestigt die Spore am Glas oder am Substrat und erlaubt auch ein Fadenziehen bis zur drei- bis vierfachen Länge der Konuszelle.

Fundorte:

Tettens, im Watt, Pfahl in der Tidenhubzone. 2. 9. 53. 2 ×; Salzgehalt 13 ‰.

Scharhörn, Holzprobe; 8. 5. 54. Salzgehalt ca. 26 ‰ (leg. Dr. KÜHL, Cuxhaven).

Schlei bei Schleimünde, submers vom Holz. 12. 7. 53. 1 ×; Salzgehalt ca. 18 ‰.

B. *Fungi imperfecti*

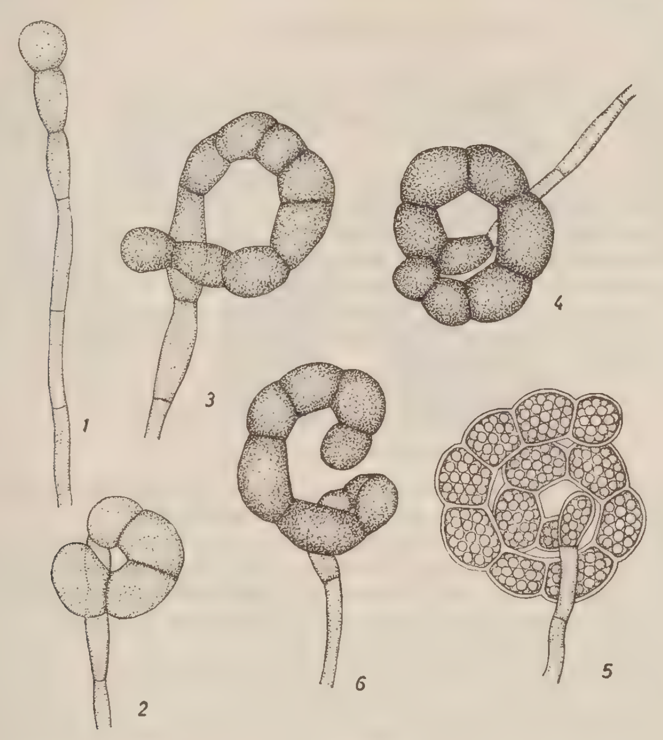
7. *Helicoma maritima* LINDER

(Farlowia 1: 405—406, Tafel 2, Abb. 2—6.)

Tafel 7, Abb. 1—6.

Die Hyphen wachsen intra- und extramatrikal, sind ± 2,7 (2—4,1) μ breit und haben hyaline oder leicht dunkle Tönung. Die Verzweigung ist mäßig, die Nebenzweige stehen breitwinklig ab. Nach einer mehrwöchigen Ruhezeit in der Schale ist das Substrat gewöhnlich oberflächlich vom extramatrikalen Mycel überzogen, welches bis zu ± 1 mm ins Wasser reicht. An den dann zahlreichen Seitenzweigen sitzen die Konidienspiralen.

Die Konidienträger sind gerade, gebogen oder auch unregelmäßig gewellt und bis zu etwa 81 μ lang. Sie haben im unteren Teil Hyphenbreite, die obere Zelle ist auch leicht tonnenartig verdickt. Die Septen trennen ungleich lange Abschnitte.



Tafel 7: *Helicoma maritima* LINDER, 1944.
Abb. 1—4: Bildung der Konidienspirale.
Abb. 5: Aufsicht, um die Öltröpfchen zu zeigen.
Abb. 6: Gestörte Spiralenbildung.
Alle Abb. ca. 1070 ×.

Die Konidien entstehen in einer Reihe, die ein- bis zweimal spiralig gewunden ist. Ihre Glieder, bis zu 12 (14) Einzelkonidien, sind in der Mitte 8,1—9,8 μ breit, an den Zwischenwänden leicht eingeschnürt und 8,0—13,5 μ lang. Ihre der Spiralenachse zugekehrte Seitenwand ist oft nahezu gerade, während die gegenüberliegende Seite in der Aufsicht bogig verläuft. Ihre Farbe ist mittel- bis dunkelbraun oder schwärzlich. Sie enthalten viele gleichgroße Öltröpfchen, die augenscheinlich der Wand anliegen. — Die Spirale zeigt im Seitenriß Teller- oder Mützenform und hat einen Durchmesser von 24,3—27 μ.

Fundorte:

Wangerooge, Westanleger, Hafenbollwerk und Priggen. Tidenhubgürtel und unterhalb der Niedrigwasserlinie. 27.—30. 7. 52. 11 ×; Salzgehalt ca. 30 ‰.

Wangerooge, Ostanleger. Tidenhubgürtel. 30. 7. 52. 1 ×; Salzgehalt ca. 30 ‰.

Cuxhaven, Steubenhöft, Pfähle der Landungsbrücke, Tidenhubgürtel nahe Niedrigwasserlinie. 23. 3. 52. 3 ×; Salzgehalt ca. 26 ‰.

Schlei (Ostsee), bei Weseby, eine Buhne an der Wasserlinie. 12. 7. 53. 1 ×; Salzgehalt ca. 7‰.

Diese Art wurde insgesamt von 16 Standorten, davon zehnmal im Tidenhubgürtel und sechsmal bis 80 cm unter der Niedrigwassermarke gefunden. Die Wangerooger Proben wurden dem Meerwasser, die von Weseby dem niedrig mesohalinen Brackwasser entnommen. Mas Mycel gedieh in diesen Salzgehaltsstufen gut, im polyhalinen Wasser erfolgte der Wuchs schneller.

Unsere Messungen sind den LINDERschen sehr ähnlich. Es scheint, daß bei einzelnen unserer Mycelien die zweifachen Spiralen häufiger und mehrgliedriger auftraten als bei ihm.

8. Speira (Cattanea) litoralis nov. spec.

Tafel 8, Abb. 1—7.

Die Abbildungen und die Beschreibung wurde nach Mycelien der Proben vom Bollwerk beim Hohe-Weg-Leuchtturm angefertigt.

Die septierten Hyphen liegen intra- und extramatrikal, sie sind 1,3 bis 3,1 μ breit, hyalin oder fleckenweise leicht umbra gefärbt. Nach langer Ruhe überzieht das Mycel das ganze Substrat und ragt einen bis einige Millimeter in das Wasser hinein. Die Verzweigung ist mäßig, im Substrat mehr als an der Peripherie des Wuchses.

Unmittelbar am Substrat sind die Konidienträger kürzer, am Wassermycel länger, 10—35,1 μ. Im unteren Teil haben sie Hyphenbreite, oben gelegentlich auch trichterförmige oder keulige Verbreiterungen. Der Zelle am Ende des Trägers sitzen 2—3 (— 4) oder auch 6—7 (— 8) liegende, miteinander verwachsene Zellreihen auf. In der Jugend erscheinen diese Konidien oft flächig, später aber gewöhnlich stielrund oder walzig und dann, bewirkt durch Teilung der Zellen, vielgestaltig, z. B. gedreht, handschuh- oder paketförmig und unregelmäßig mehrreihig mit kleinen Lappen. Mit dem Alter der Gebilde dunkelt die Färbung und führt von grünlichbraun zu dunkelbraun, von umbra zu schwärzlich. Die Achsen der jungen, flachen, angenähert flächig erscheinenden Stadien messen 24—27×10,8—13,5 μ, die der meist unregelmäßig geformten Endgebilde 35,1—48,6×17,3—23,6 μ. — Die einzelnen Zellen sind verschieden groß, 6,25—8,4×4—4,5 μ.

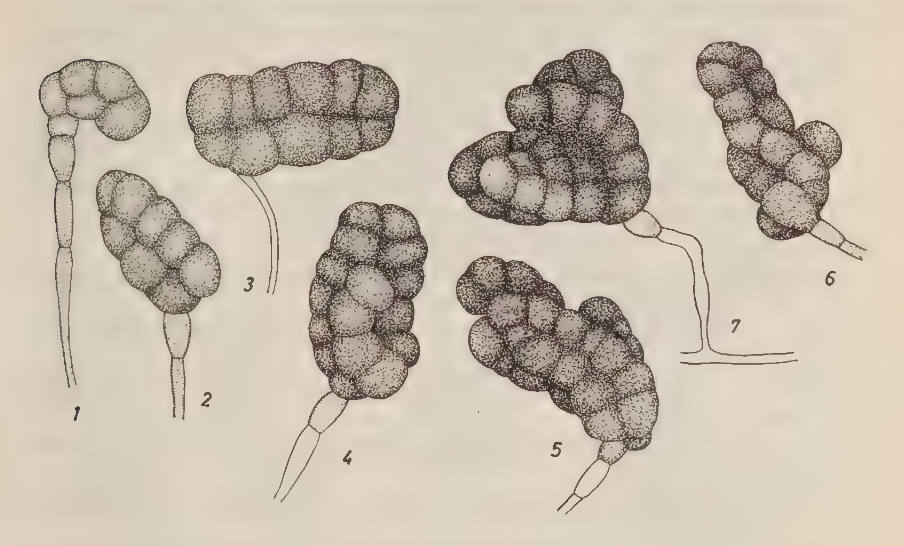
Fundorte:

Wrack „Medea", welches nach mehrjähriger Lagerung in etwa 40 m Tiefe im Meerwasser gehoben wurde, vom Holz. 12. 7. 51. 1 ×; Salzgehalt ca. 32 ‰.

Leuchtturm Hohe Weg, Bollwerk, Niedrigwasserlinie. 16. 7. 53. 3 ×; Salzgehalt ca. 28 ‰.

C u x h a v e n , Steubenhöft, Hölzer an der Landungsbrücke, über der Niedrigwassermarke. 23. 3. 53. 1 ×; Salzgehalt ca. 26 ‰.

Schlei bei W e s e b y , Buhne an der Wasserlinie. 12. 7. 53. 1 ×; Salzgehalt ca. 7 ‰.



Tafel 8: *Speira (Cattanea) litorale* HÖHNK.

Abb. 1—4: Von der Ein- zur Dreireihigkeit der Konidien.
Abb. 5—7: Mehrreihige und vielgestaltige Konidienhäufungen.
Alle Abb. ca. 1070 ×.

Die sechs Funde verteilen sich auf vier verschiedene, weit voneinander entfernte Standorte. Vier von ihnen liegen im Tidenhubgürtel, zwei submers.

Dieser Pilz steht *Speira pelagica* sehr nahe. Weil die Masse der Konidien und ihrer Zellen weit differieren, ist er als neue Art beschrieben worden.

S p e i r a l i t o r a l i s nov. spec.

Hyphis immersis in substrato et in superficie, hyalinis aut paulum fusco, ramosis conidiophoris simile hyphis aut ad apicem clavatis, rare septatis; conidiis brunneis vel atris, plerumque 35,1—48,6×17,3—23,6 μ, primum seriebus duobus vel tribus (vel quattuor), posterior saepe irregulariter multiserialibus lobis coniunctibus; cellulis 6,25—8,1×4—5 μ.

Hab.: *In ligno, in aqua marina et aqua salina ad oram maris Germaniae et in sinu maris baltici.*

9. *Alternaria maritima* SUTHERLAND 1916.

(New Phytol. **15**: 46—47, Abb. 5—7.)

Von dieser Gattung sind Mycelien im Wattgebiet nicht selten. Sie wurden an mehreren Plätzen, an Holz unter Tiefwasserlinie und in der Tidenhubzone gefunden und kommen SUTHERLANDS Angaben sehr nahe.

Die Hyphen wachsen an der Oberfläche des Substrats und in geringer Tiefe (1—2 mm). Die Hyphen sind septiert, verzweigt, im Alter violett bis braun und 1,8—2,7 μ breit.

Die Konidienträger sind aufrecht, nicht oder wenig verzweigt und dunkel gefärbt. Ihre Konidien sind in einfachen oder auch verzweigten Ketten angeordnet, birnenförmig und mit einer halsähnlichen Gipfelzelle versehen. Ihr Umriß ist rauh bis warzig, ihre Farbe dunkelbraun bis schwärzlich, und ihre Achsen messen 18—48×8,1—13,5 (— 16,2) μ.

Fundorte:

Wangerooge, Ostanleger, Pfähle der Landungsbrücke, dauernd submers. 29. 7. 52. 1 ×; Salzgehalt ca. 28 ‰.

Hohe-Weg-Leuchtturm, Pfähle des Bollwerks, unter Niedrigwasserlinie. 27. 6. 51. 1 ×; Salzgehalt 27 ‰.

Tettens, Pfahl am Siel, unter Niedrigwasserlinie. 2. 9. 53. 1 ×; Salzgehalt ca. 13 ‰.

Carolinensiel, Bollwerk am Anleger, Tidenhubgürtel. 17. 6. 51. 8 ×; Salzgehalt ca. 28 ‰.

Tossens (Butjadingen), Hölzer am Badestrand, Tidenhubgürtel, 12. 8. 51. 1 ×; Salzgehalt ca. 17 ‰.

Imsum (nördlich Bremerhaven), Pfähle im Watt, Tidenhubgürtel. 18. 4. 51. 1 ×; Salzgehalt ca. 5 ‰.

10. *Fungus imperfectus: Form I*

Tafel 9, Abb. 1—7.

Das Mycel wächst intra- und extramatrikal. In ruhender Rohkultur ist das Holzsubstrat bald von einem Konidienlager überzogen. Das extramatrikale Mycel reicht dann auch 1—2 mm ins Wasser hinein und trägt auch da vereinzelt Konidien.

Die Hyphen sind septiert, 2—3 μ breit, scheinen grünlich und im Alter leicht umbra. Verschieden langen Seitenzweigen sitzen die Konidien auf. Diese bilden Zellketten, deren oberes Glied nahezu kugelig ist, die folgenden Glieder aber sind von den beiden Trennungswänden abgeplattet, oft tonnen- oder paketartig. — Die Zellen entstehen in basipetaler Reihenfolge. Die erste, obere, erreicht oft einen Durchmesser von 9—14,8 μ. Die Breite verjüngt sich zum Grunde, wenn die Kette etwa fünfgliedrig ist, bis auf 4 μ. Zunächst entstehen Hakenformen und dann, durch Teilung der Zellen, verzweigte Gebilde oder auch unregelmäßige, lockere Kluster. Die Farbe der Konidien ist anfänglich hellbraun bis grau, später tief sepiabraun. Die Zellen enthalten viele kleine Öltröpfchen oder einige große.

Fundorte:

Wangerooge-West, Hafenbollwerk, Tidenhubgürtel, auch von Holzproben, die 40 cm unter der Sandoberfläche geschnitten waren. 25. und 30. 7. 52. 8 ×; Salzgehalt ca. 30 ‰.

Wangerooge-Ost, Bollwerk des Anlegers, unter Niedrigwasser. 30. 7. 52. 1 ×; Salzgehalt ca. 29 ‰.

Tettens, Holz im Watt, Tidenhubzone. 2. 9. 53. 1 ×; Salzgehalt ca. 13 ‰.

Dieser Pilz ist mit *Helicoma* nicht zu verwechseln. Die Konidien sind wohl serial, bilden aber nicht die regelmäßigen Spiralen und auch liegen bei der vorliegenden Form die verschieden großen Öltröpfchen im Innern der Zellen und sind nicht, wie bei *Helicoma,* wandständig.



Tafel 9: *Fungus imp.: Form I.*
Abb. 1—5: Seriale Konidienbildungen.
Abb. 6—7: Spiralige und unregelmäßige Häufung der Konidien.
Alle Abb. ca. 1070 ×.

Für die Bestimmung dieses Pilzes reicht die uns vorliegende Literatur nicht aus. Er wird dennoch in diesen ersten Bericht aufgenommen, weil die Arbeiten mit ihm es wünschenswert erscheinen lassen.

Betrachtung

Die Standorte der behandelten Pilze liegen wohl zum großen Teil im Brackwassser mit tidenmäßigem Wechsel des Salzgehaltes. Am Strande der Insel Wangerooge ist aber die Änderung des Salzgehaltes gering. Das Nordseewasser stößt unmittelbar auf sie, und Süßwasserzuflüsse

kommen nicht von der Insel. Nur bei besonderer Windrichtung, -stärke und -dauer kann das sogenannte Bankwasser, von der Ems- oder Wesermündung kommend, geringere Schwankungen bewirken. Bei Helgoland ist der Salzgehalt bei Windstau und Oberwasserreichtum gelegentlich schon bis zu etwa 28 ‰ gesunken; das sind aber besonders bedingte, unregelmäßig und selten auftretende Ereignisse. Diese oder entsprechende Plätze sind schon dem Meere zuzurechnen.

Es ist zu vermuten, daß die eury- bzw. stenohalinen Pilze im Meer leicht nachgewiesen werden könnten, wenn entsprechende Substrate, und zwar nicht nur gelegentlich, sondern immer vorhanden wären. Daß über sie von dort bis jetzt nur in Einzelfällen berichtet worden ist, dürfte weiterhin auch von der sehr seltenen Teilnahme eines Mykologen an den Fahrten der Forschungskutter und -schiffe und der darum sehr erschwerten Zugänglichkeit des Raumes für ihn abhängen.

Die natürlichen pflanzlichen Substrate des Meeres sind die Algen und außerhalb der felsigen Küste besonders die Diatomeen und die Peridineen. Die letzteren können nur sehr kleine Parasiten oder Saprophyten bergen. Das Zooplankton ist dagegen von unterschiedlicher Größe. Es kann darum auch andere Pilzformen zeigen. Ist die Besiedlungsdichte dieser Organismen durch zeitweilig wirksame optimale Bedingungen, z. B. die Temperatur, stark erhöht, lassen sich wahrscheinlich die obligaten und fakultativen Parasiten leichter nachweisen, besonders wenn die geänderten Bedingungen für den Pilz ein Optimum darstellen. So dürfte auch das von Vallin berichtete epidemische Absterben der *Eurytemora*-Besiedlung in den heißen Monaten der Jahre 1950 und 1951 zu erklären sein.

An der Küste, d. h. in einem etwa 50 km breiten Gürtel der Deutschen Bucht, nicht nur im pflanzenbestandenen Ufer, sondern auch meerwärts des mit sessilen Algen bewachsenen Schelfteiles, haben wir die Pilze häufig nachgewiesen. Unter den Phycomyceten waren neben Passanten auch Dauerbewohner sowohl des mesohalinen als auch des polyhalinen Wassers vorhanden. Die in dieser Arbeit behandelten höheren Pilze sind auch alle dem Brack- und dem Meerwasser entnommen worden und gediehen in der Kulturschale in gefiltertem Standortwasser gut. Die Ascomyceten bildeten reichlich Perithecien, die reife, nomale Ascosporen lieferten.

Ob diese behandelten Formen der höheren Pilze euryhalin oder bestimmten Salzgehaltsintervallen merklich angepaßt sind, werden vielleicht die Kulturstudien zeigen. In systematischer Hinsicht ist bemerkenswert, daß der größere Teil aller im hochsalzigen Wasser beschriebenen Pilze neu ist. Das ist ein Hinweis darauf, daß dem bisher mykologisch unbekannten Salzwasserhabitat eine Besiedlung von höheren Pilzen eigen ist, die von der der bekannten terrestrischen Räume unterschiedlich ist.

Bestärkt wird diese Annahme durch die morphologischen Besonderheiten bei den Ascosporen unserer Salzwasserasco-

myceten. Sie besitzen Stacheln, Spitzen, Schleimhüllen oder Lappen, die die Schwebefähigkeit oder -dauer im Wasser wesentlich zu erhöhen und das Anheften der Sporen an neue Substrate zu erleichtern geeignet sind und als *Anpassung* an das wässerige Habitat gedeutet werden können.

Der Reichtum der Pilzflora im und auf dem *Holz* an unserer Salzwasserküste weist sowohl auf ihre ökologische als auch auf ihre *wirtschaftliche* Bedeutung hin. Seit langem ist die Erscheinung des „Weichwerdens" aller dem Wasser ausgesetzten Hölzer bekannt. Die Mikroorganismen besiedeln die Substrate und lockern dann kontinuierlich die Zellverbände der peripheren „Haut" so, daß Strömung und Turbulenz des Wassers das Zerstörungswerk vollenden können. Diese dauernde Wechselwirkung verursacht sehr erhebliche Verluste an Material, Unkosten und Zeit. Es empfiehlt sich also, diesen Organismen Beachtung zu schenken und Mittel und Wege zu suchen, die die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen bestimmt sind.

Eine weitere Betrachtung schließt sich noch zwangsläufig an. *Geflößtes* Holz soll nach einer verbreiteten Meinung pilzfest oder -frei bleiben. Die Beobachtungen in unserem Gebiet widersprechen ihr. Es dürfte vielmehr so sein: Die ursprünglich im terrestrischen Raume an den Bäumen vorhandenen mehr oder weniger auch luftangepaßten Pilze werden beim Flößen vernichtet. Bleiben danach die Hölzer dem Wasser ausgesetzt, werden sie sukzessive von der *aquatischen* Pilzflora besiedelt. — Es ist bemerkenswert, daß nach dieser Feststellung im marinen Gebiet auch höhere Pilze, besonders Ascomyceten, in limnischen Bezirken nachgewiesen werden konnten (Ingold, 1954).

Zusammenfassung

In dieser Studie wurde der Frage nachgegangen, *ob die Nutz- und Treibhölzer im Salzwasser von höheren Pilzen befallen sind*. Von 108 ortsfesten Substraten des marinen bis mesohalinen Raumes wurden 160 Proben geschnitten. 131 von ihnen zeigten Befall. Dieser Anteil war unerwartet *groß*.

Die 160 Proben um 46 von treibenden Hölzern vermehrt, ergibt die Gesamtzahl, die in der Tabelle 2 analysiert ist. Sie zeigt, daß der Prozentanteil der befallenen Proben im *Tidenhubgürtel* merklich *eingeengt* ist gegenüber denen, die im submersen Raum unterhalb der Niedrigwasserlinie und im luftigen Raum oberhalb der Hochwasserlinie festgestellt wurde. Die Ursache dafür mag im kontinuierlichen, gleichzeitig wirksamen Wechsel der Wasser- und Salzverhältnisse und in der Salzkrustenbildung bei Verdunstung und Kälte zu suchen sein.

Quantitativ sind die Prozentanteile der befallenen Proben in den Räumen *unterhalb* des Niedrig- und *oberhalb* des Hochwassers mit ± 90 % einander ähnlich und zugleich überraschend hoch; qualitativ bestehen aber wesentliche Unterschiede. Bedeutsamen Anteil haben im Luft-

raum die vom Terrestrischen her bekannten luftangepaßten Pilze, im dauernd submersen Bereich die neu beschriebenen Formen. Damit ist wiederum ein Hinweis gegeben, daß das Salzwasser auch einen eigenen Formenschatz an höheren Pilzen birgt.

Im systematischen Teil wurden zehn höhere Pilze von Holz aus der Tidenhubzone und von dauernd submersen Substraten des Brack- und Seewassers beschrieben. Es sind:

die Ascomyceten:

1. *Remispora lobata* nov. spec.
2. *Ceriosporopsis barbata* nov. spec.
3. *Ceriosporopsis hamata* nov. spec.
4. *Palomyces quadri-remis* nov. gen. et nov. spec.
5. *Lignincola laevis* nov. gen. et nov. spec.
6. *Halophiobolus opacus* Linder

die Fungi imp.:

7. *Helicoma maritima* Linder
8. *Speira litorale* nov. spec.
9. *Alternaria maritima* Sutherland
10. *Fungus imp. Form I.*

Anschrift des Verfassers:
Dr. W. Höhnk, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven-G.

Literaturverzeichnis

Ainsworth, G. C. and G. R. Bisby: A dictionary of the Fungi. Kew. 1950.

Barghoorn, E. S. and D. H. Linder: Marine Fungi: Their Taxonomy and Biology. Farlowia **1:** 395—467. 1944.

Bauch, R.: Ophiobolus Kniepii, ein neuer parasitischer Pyrenomycet auf Kalkalgen. Publ. d. Statione Zoologica di Napoli. **XV:** 377—391. 1936.

Clements, F. E. and C. L. Shear: The genera of Fungi. New York, The H. W. Wilson Comp. 1931.

Gaertner, A.: Einige physiologische und morphologische Beobachtungen an Kulturen niederer Phycomyceten (Rhizophidium, Phlyctochytrium). Archiv f. Mikrobiologie **21:** 167—177. 1954.

Gäumann, E.: Die Pilze. Basel. 1949.

Höhnk, W.: Von den Mikropilzen in Watt und Meer. — Abh. Naturwiss. Ver. Bremen, **33:** 407—429. 1954.

Ingold, C. T.: Aquatic Ascomycetes: Disomycetes from lakes. Trans. Brit. Myc. Soc. **37:** 1—18. 1954.

Meyers, S. P.: Marine Fungi in Biscayne Bay, Florida. Bull. of Marine Science of the Gulf and Caribbean. **2:** 590—601. 1953.

— : Marine Fungi in Biscayne Bay, Florida. II. Further Studies of Occurrence and Distribution. Bull. of Marine Science of the Gulf and Caribbean. **3:** 307 bis 327. 1954.

Mounce, J. and W. W. Diehl: A new Ophiobolus on eel grass. Can. J. Research. **11:** 242—256. 1934.

Saccardo: Sylloge Fungorum omnium hucusque cognitorum. **1—25.** 1882—1931.

Sutherland, G. K.: Marine Fungi Imperfecti. New Phytol. **15:** 35—48. 1916.

Vallin, St.: Plankton mortallity in the Northern Baltic caused by a parasitic watermould. Institute of Freshwater Research, Drottningholm; Nr. **32:** 139 bis 148. 1951.

Wilson, J. M.: Notes on some Marine Fungi. Transact. of the Brit. Mycolog. Soc. **34:** 540—543. 1951.

— : Ceriosporopsis halima Linder and Ceriosporopsis cambrensis sp. nov.: Two marine Pyrenomycets on wood. Transact. of the Brit. Mycolog. Soc. **37:** 272—285. 1954.

Wolf, F. A. and F. T. Wolf: The Fungi. New York. 1947.

Zobell, Claude E.: Marine Microbiology. Waltham, Mass. U.S.A. 1946.

Beiträge zur Hydrographie der Wesermündung

IV. Teil

Zur Verteilung der Sinkstoffe in den Seitenräumen der Wesermündung

Von Hans Lüneburg

Mit 9 Tafeln und 1 Abbildung

Einführung

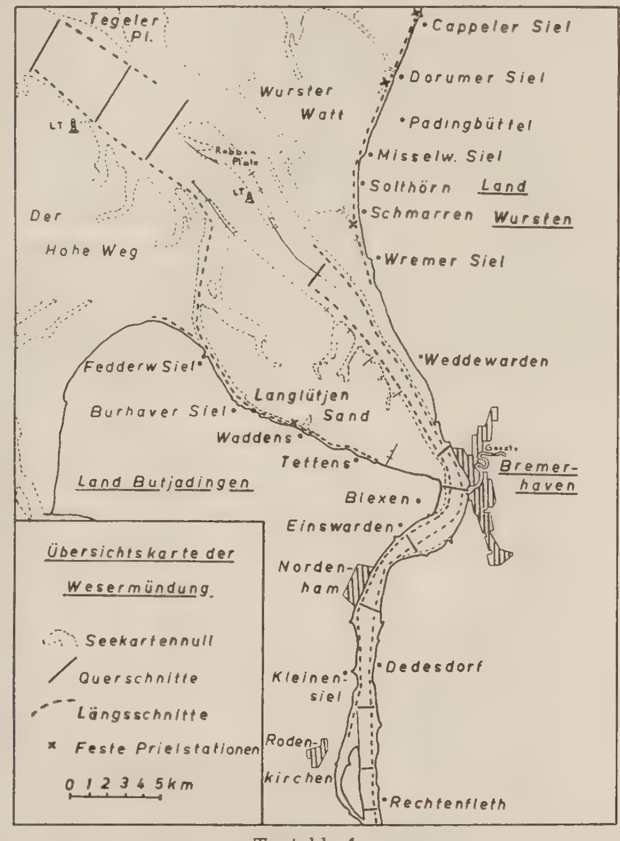
Im Anschluß an die Untersuchungen über die Sinkstoffverteilung im Hauptfahrwasser des Weserästuars werden hier die Ergebnisse einer entsprechenden Bearbeitung der Seitenräume einschließlich der Uferhänge des benachbarten Wattenmeeres aus den Jahren 1953/54 vorgelegt. — Da die früher beschriebene Sinkstoffwolke des Hauptfahrwassers nicht als stationäres Gebilde, sondern als Teil eines Sinkstoff-Kreislaufes aufgefaßt werden muß (Lüneburg 1953), wurden die Untersuchungen in die Seitenräume ausgedehnt, zumal dort in Abhängigkeit von der Wetterlage mit Ablagerung oder Abtragung von Sedimenten zu rechnen ist. Beides ist von entscheidender Bedeutung für Ladegewinnung und Küstenschutz.

Das Aufsuchen der Uferhänge (Schorren) und der ufernahen Küstensäume wurde z. T. wieder durch das Entgegenkommen des Wasser- und Schiffahrtsamtes in Bremerhaven ermöglicht, dem dafür bestens gedankt sei.

Der Untersuchungsraum

Die räumliche Ausdehnung des Untersuchungsgebietes greift in den Jahren 1953/54 noch über die Untersuchungszone früherer Jahre sowohl flußaufwärts wie seewärts und auch entlang den Küsten nach Westen und Norden hinaus. Auf der Übersichtskarte in Textabb. 1 stellen die gestrichelten Linien die wiederholt durchgeführten Fahrten an der westlichen und östlichen Schorre des Stromes sowie an den Grodenkanten der benachbarten Seemarschen dar, während die Querschnitte in schwarz ausgezogenen Linien dargestellt sind; die vier an den Küstensaum gelegten Kreuze entsprechen wiederholt durchgeführten stationären elektrooptischen Messunden in den dortigen Prielen während einer ganzen Tide. Die Sinkstoff-

untersuchungen an den Uferhängen des Weserästuars reichen von der Tegeler Plate in der äußeren Mündung (östlich des Leuchtturmes „Roter Sand“) bis in das Gebiet von Rechtenfleth in der Nähe des Unterweserhafens Brake, und die entsprechenden Untersuchungsfahrten an den Prielen und Marschküsten führten auf der rechten Seite der Wesermündung bis



Textabb. 1

zum Spiekaer Tief, nördlich des Cappeler Tiefs und auf der linken Seite bis nach Fedderwarden—Langwarden, an der Wasserscheide zum Jadebusen.

Hinsichtlich der Querschnitte sei bemerkt, daß diese sich vor allem auf das eigentliche Brackwassergebiet zwischen Bremerhaven und Dedesdorf—Rechtenfleth beschränken, während die auf der Karte im Bereich oberhalb und unterhalb der Robbenplate ersichtlichen vier Querschnitte nur ein-

malig und nicht während einer ganzen Tide aufgesucht wurden. Unser Hauptaugenmerk soll sich daher auch in erster Linie auf die erwähnten Querschnitte im Bereich der Trübungswolke (ab Bremerhaven flußaufwärts) richten.

Grundsätzlich können wir feststellen, daß die Weserquerschnitte im Raume Robbenplate und seewärts kaum von Interesse sind, da sie stets in relativ klarem, marinem Brackwasser (20 ‰ Salzgehalt und mehr) liegen, während von den im eigentlichen Trübungswasser zwischen Bremerhaven und Dedesdorf—Rechtenfleth gelegenen Querschnitten vor allem derjenige an der Kaiserschleuse bei Bremerhaven, an der Unionpier bei Nordenham und am Drepter Siel nördlich Rechtenfleth von größerer Bedeutung sind. — Diese drei grundlegenden Schnitte wurden alle im Frühjahr und Frühsommer 1953 systematisch, d. h. stündlich während einer ganzen Gezeitenwelle, aufgesucht. Ergänzende und die gewonnenen Ergebnisse erhärtende Stichproben erfolgten auf den erwähnten Hauptquerschnitten gelegentlich anderer Reisen auch später bis 1954 hin.

Da die Oberwassermengen von ausschlaggebender Bedeutung für die Lage der Trübungswolke sind, folgt ein kurzer Überblick über die Entwicklung des mittleren monatlichen Oberwassers in den Jahren 1953/54 (gemessen in m^3/sec am Pegel Intschede zwischen Bremen und der Allermündung).

	1953	1954
Januar:	381 m^3/sec	228 m^3/sec
Februar:	684 „	227 „
März:	411 „	217 „
April:	263 „	231 „
Mai:	174 „	131 „
Juni:	164 „	109 „
Juli:	156 „	206 „
August:	125 „	300 „
September:	125 „	256 „
Oktober:	104 „	465 „
November:	106 „	457 „
Dezember:	106 „	550 „
Jahresmittel	233 m^3/sec	285 m^3/sec

Gegenüber dem vieljährigen Jahresmittel von 280—300 m^3/sec sind die Jahres-Mittelwerte von 1953 etwas zu niedrig, von 1954 normal. Der geringe Wert von 1953 kommt zustande durch die unterdurchschnittlichen Werte der zweiten Jahreshälfte. Diese geringen Werte sind auch in der ersten Hälfte 1954 vorhanden, doch steigen sie ab August/September weit über das vieljährige Mittel, so daß dieses Jahr trotz seines normalen Mittelwertes als anomal in seinem Verlauf gelten muß.

Die Werte wurden freundlicherweise von der Wasser- und Schiffahrtsdirektion in Bremen zur Verfügung gestellt.

Einzelheiten über Oberwasser und Witterung an den Beobachtungstagen folgen unten.

Auf den Querschnitten beträgt der Horizontalabstand der einzelnen hydrographischen Vertikalserien etwa 100—200 m, während derselbe auf den Längsschnitten bei 500—1000 m liegt; die Untersuchungshorizonte liegen an der Oberfläche, im oberen und unteren Drittel der Gesamttiefe und 1 m über dem Boden. Von den insgesamt elf Querschnitten und sechs Uferlängsschnitten wie auch von den im folgenden noch aufgezählten Untersuchungsserien entlang den Marschküsten beiderseits der Mündung und in den dort vorgelagerten Prielen werden aus Platzmangel in dieser Veröffentlichung lediglich die für die Sinkstoffphänomene der einzelnen Teilgebiete repräsentativsten Ergebnisse in Tafeln zur Darstellung und der Vergleich mit den Wiederholungsfahrten nur im Text gebracht.

Von den insgesamt 22 Untersuchungsfahrten in der Zeit vom März 1953 bis November 1954 entfallen noch vier Reisen in das Wattenmeer unmittelbar entlang der Grodenkante, wo kurz vor und nach Hochwasser in wenigen Metern Abstand vom Deckwerk oder der natürlichen Kante des Vorlandes Oberflächenproben in etwa 500 m Entfernung voneinander geschöpft und auf Salzgehalt und Trübung untersucht wurden. Die Lage dieser Grodenkanten-Längsschnitte ist in der Übersichtskarte ebenfalls durch gestrichelte Linien wiedergegeben, die auf der westlichen Weserseite etwa zwischen dem Fedderwarder Siel und dem Dorfe Tettens, an der Wurster Küste von Wremen bis über das Cappeler Siel hinaus verlaufen.

Schließlich seien noch acht Fahrten erwähnt, die in vier küstennahe (50—100 m Abstand) und zumeist uferparallele und die Grodenkante mehr oder minder stark erodierende Priele führten.

Diese Prieluntersuchungen fanden, von einer Ausnahme abgesehen, alle im Frühjahr und Sommer 1954 statt und sind in der kalten und dunklen Jahreszeit undurchführbar, da Montage und Abbau des großen elektrooptischen D-Gerätes (Durchsichtigkeitsmesser, Lüneburg 1954) im Watt sowie die während der Fluttide andauernden und nur im Schutze eines kleinen Zeltes erfolgenden Messungen an den kurzen und kalten Wintertagen zum Scheitern verurteilt wären! — Die vier repräsentativen Priele wurden je zweimal bei den verschiedensten Wetterlagen und Oberwasserverhältnissen aufgesucht; die Stationen liegen gleichmäßig entlang der Küste verteilt: die westlichste Station befindet sich ca. 500 m nordwestlich des kleinen Waddenser Kutterhafens in 100 m Abstand von der Grodenkante in einem etwa 2 m breiten und 1,5 m unter Wattoberfläche (ca. 2,5 m unter Mittel-Tidehochwasser) tiefen Priel in ausgesprochenem Schlickwatt. — Die südlichste Prielstation auf der Wurster Seite liegt unmittelbar südlich des Dorfes Schmarren, im etwa 10—20 m breiten und 2 m unter Wattoberfläche tiefen (rund 3 m unter Mittel-Tidehochwasser) Schmarrener Loch, das in kleiigschlickigem Watt parallel zur Küste nach Osten erodierend ausgreift; der Abstand von der hier ungeschützten Grodenkante beläuft sich wieder auf

100 m. — Es folgt nach Norden die Station im Dorumer Priel, der südlich des Kutterhafens „Dorumer Siel" einige 100 m parallel zur Küste verläuft, die von ihm nur schwach erodiert wird. Der Priel liegt ca. 1,5 m unter Wattoberfläche und 2,5 m unter Mittel-Tidehochwasser in schlickigem Sandwatt, und die Station selbst befindet sich in rund 50 m Abstand von der planierten Grodenkante. Die entfernteste Prielstation befindet sich schließlich im sogenannten Spiekaer Priel, der nördlich des Cappeler Sieles ähnlich verläuft und ähnliche topographische Verhältnisse aufweist wie der Dorumer Priel; die Station liegt hier wieder in 100 m Abstand von der unter Anwuchs stehenden Grodenkante.

Die erwähnten 22 Untersuchungsfahrten verteilen sich mit nur sechs Reisen im Jahre 1953 zur Hauptsache auf Frühjahr, Sommer und Herbst des Jahres 1954; die sechs Fahrten 1953 galten in erster Linie den markanten Querschnitten an der Kaiserschleuse, an der Geeste, bei Nordenham und am Drepter Siel (Rechtenfleth), die 1954 nur zur Wiederholung aufgesucht wurden. Insgesamt beläuft sich die Summe der Sinkstoffmessungen aller Fahrten auf 1840 bei etwa 400 Salzbestimmungen und 250 zur Kontrolle durchgeführten gravimetrischen Sinkstoff-Analysen; d. h. auf etwa je 4—5 elektrooptische Meßpunkte entfällt eine Probeentnahme zur Salzbestimmung, was bei den großen Salzunterschieden in der Wesermündung völlig hinreichend ist; und jede 7. bis 8. elektrooptische Sinkstoffmessung (die ohne kontinuierlich arbeitendes Trübungs-Schreibgerät erfolgte!) war mit einer anschließenden gravimetrischen Sinkstoffbestimmung gekoppelt, um erneut die schon bekannte Relation zwischen dem elektrooptischen und dem gravimetrischen Trübungswert zu erhärten (Lüneburg, l. c. und Lüneburg 1953).

Zur Topographie und allgemeinen Hydrographie des Untersuchungsraumes ist einiges in bezug auf die Gebiete am Fedderwarder Tief, das den Langlütjen Sand vom Festland trennt, und an dem kleineren, aber auch recht bedeutungsvollen Schmarrener Loch nordwestlich von Wremen zu den früheren diesbezüglichen Angaben des Verfassers hinzuzufügen (Plate 1951 und Lüneburg 1951, 1952 u. 1953).

Das fast geradlinig von Bremerhaven in nordwestlicher Richtung nach See verlaufende, im Schnitt 15—20 m tiefe und etwa 1—2 km breite kanalartige Fahrwasser der Außenweser ist vor allem an seiner linken Seite von relativ hohen und sandigen Watten (dem Hohen Weg und dem Langlütjen Sand) begrenzt, die in Richtung auf die Butjadinger Festlandsküste langsam um 1 m und mehr absinken und direkt am Marschensaum eine auch bei Niedrigwasser unter Wasser stehende Senke frei lassen, durch die das gesamte Gebiet des westlichen Langlütjen Sandes und des südöstlichen Hohen Weges entwässern. Dieses das Ebbwasser des Langlütjen Sandes abführende Fedderwarder Tief wird durch den folgenden Umstand besonders breit und tief gehalten (Breite maximal bis fast 1 km und Tiefe maximal bis zu 10 und 12 m in der Nähe des Fedderwarder Sieles):

Das Weserfahrwasser westlich der Sandbank „Robbenplate" stellt heute die eigentliche Mündungsrinne des Weserästuars dar, sie ist breiter und tiefer als das inzwischen immer mehr versandende und nur 3—5 m tiefe Wurster Fahrwasser auf der Ostseite der Robbenplate; durch diese Hauptrinne dringt das von See vorrückende salzige Nordseewasser in die innere Wesermündung ein, das infolge der Einwirkung der Erdrotation stark nach rechts, also an die linke Fahrwasserseite, gedrängt wird, während das mehr oder weniger brackige und oberflächennahe Ebbwasser hauptsächlich auf der Ostseite der Mündung in Richtung auf das Wurster Watt und die Tegeler Plate abstreicht. Aus diesem Tatbestand geht ohne weiteres hervor, wie stark das westliche Flutwasser auch in das Fedderwarder Tief einströmen wird, das sich, durch künstliche Strombaumaßnahmen (Leitwerke usw.) verstärkt, geradezu wie ein Trichter nach Nordwesten öffnet, um einen Teil des einströmenden Flutwassers aufzufangen. So ist also das Fedderwarder Tief nicht nur die entwässernde Ebbrinne des Langlütjen-Gebietes, sondern zugleich auch dessen Haupt-Flutrinne, wie überhaupt der gesamte Langlütjen Sand von zahlreichen Prielen und Rinnen durchzogen ist, die gleichzeitig Ebb- und Flutrinne darstellen, während ja sonst häufig in den Nordseewatten das eindringende Flutwasser andere Priele aufsucht, als sie dem abziehenden Ebbwasser zur Verfügung stehen (VAN VEEN 1950).

Auf der rechten Seite der Außenweser ist ein gleichwertiger Großpriel, der dem Fedderwarder Tief einigermaßen an Bedeutung entspricht, nicht vorhanden, und so ist denn auch der Salzgehalt auf der linken Seite bei gleicher Entfernung vom Anfangspunkt des Mündungstrichters stets um 5 ‰ und mehr gegenüber dem rechten Ufer erhöht (LÜNEBURG, l. c.). Von einer mehr lokalen Bedeutung bleibt aber auf der rechten Seite des Ästuars das einige Kilometer lange und im großen Durchschnitt ca. 20 m breite, aber höchstens 2—5 m tiefe Schmarrener Loch nordwestlich von Wremen. Es mündet, wie aus der Übersichtskarte ersichtlich, im rechten Winkel zum Nebenfahrwasser auf der Ostseite der Robbenplate und fängt durch diese Art der Mündung weder abströmendes Ebbwasser noch einströmendes Flutwasser aus der Weser auf; vielmehr gelangt das Wasser lediglich durch den ansteigenden äußeren Wasserspiegel in das Schmarrener Loch. Da aber fast alle Watten in unmittelbarer Nähe der Grodenkante um über 1 m tiefer liegen als die höheren sandigen Außenflächen und Platen, schießt das Wasser dennoch mit ziemlicher Vehemenz bei vorrückender Flut in den schmalen Schlauch des Schmarrener Loches ein und erreicht nach eigener Beobachtung häufig eine Geschwindigkeit von 2 Knoten (etwa 1m/sec) und mehr; das sind immerhin Stromgeschwindigkeiten, wie sie auch im äußeren Fedderwarder Tief erreicht werden. Die auf diese Weise beim Anstieg des Wasserspiegels ins Schmarrener Loch einschießenden und von den vorherrschenden starken westlichen Winden noch beschleunigten Flutwassermassen treffen in rechtem Winkel auf die hier besonders exponierte Marschenküste des Landes Wursten auf und biegen

dann, dem Zurückweichen der Küste folgend, nach Südosten ab, wobei sich das Schmarrener Loch im Laufe der Zeiten zu einem erodierenden Priel in nur 50—100 m Abstand von der Grodenkante entwickelt hat, der hier die Küste an gewissen Punkten beim Dorfe Schmarren jährlich um einige Meter zurückweichen läßt. Das ganze Gebiet des oberen Schmarrener Loches von über 1 km² Flächeninhalt stellt eine stark verschlickte Senke dar, deren aus der Erosion der Grodenkante hervorgegangene Schlickmassen immer wieder zu großen Sinkstoffwolken aufgewirbelt und herumtransportiert werden. Wie weit in derartigen Schlickanreicherungsgebieten auf die Dauer der endgültige Abtransport des Schlickes dessen Anhäufung übertrifft, bleibt leider zum Teil noch unbeantwortet und kann nur in subtiler Kleinarbeit, für die einzelnen Gebiete gesondert, geklärt werden.

Zur Methodik

Unter Hinweis auf die früheren Arbeiten des Verfassers (Lüneburg 1953 u. 1954) dürfte methodisch noch von Interesse sein, wie das ursprünglich nur auf den Bordbetrieb orientierte D-Gerät in den Wattprielen verwendet wird, wo natürlich kein Schiff zur Verfügung steht und die Verbindungskabel vom Beobachtungspunkt durch das Watt zum Arbeitszelt an Land verlegt werden:

Nach einem Entwurf meines Assistenten, Herrn Heinz Röbke, wurde eine optische Bank, dem D-Gerät entsprechend, an einen leichten, ca. 1,5 m langen T-Träger montiert und der Träger dann zu einem Drittel senkrecht im Watt versenkt und mit Drahtankern in die vier Himmelsrichtungen gegen die Einwirkung starker Strömungen gesichert (s. Abb. 1). — Auf die optische Bank wurde sowohl die „Leuchtkammer" wie auch die „Empfängerkammer" mit dem Fotoelement montiert; die Abstände zwischen den Kammern, d. h. die Schichtdicken, lagen bei den Messungen im Watt wegen der relativ starken Trübung meist zwischen 3 und 5 cm. Der Meßpunkt lag rund 0,5 m über dem Boden, so daß das bodennahe „Geschiebe" nicht erfaßt wurde! — Diese Anordnung hat sich in allen Fällen bestens bewährt, und vom ersten Flutschwall bis zur letzten Ebbe wurde der Sinkstoffgehalt des betreffenden Prieles punktförmig optisch erfaßt. Da die Praktiker sich für den Sinkstoffgehalt in mg/l interessieren, wurden wiederum, wie auch schon früher, gelegentlich Parallelproben mit einem leichten Handwasserschöpfer am Beobachtungsort gezogen, die entsprechende Trübe ausgewogen und damit erneut die Relation zwischen Extinktion und Gramm/Masse der Trübung im Weserästuar ermittelt. Dies war natürlich nur so lange im Priel möglich, als man noch mit hohen Gummistiefeln an den Beobachtungsort herangehen oder bei warmem Sommerwetter nach dort schwimmen konnte.

Die rund 250 Kontrollproben aus allen Seitenräumen der Wesermündung der Jahre 1953/54 bestätigen erneut die schon früher ermittelte Beziehung (Lüneburg 1953) zwischen der Extinktion (1000facher Extinktionskoeffizient pro 1 cm Schichtdicke) und dem Gewicht der Sinkstoffe in mg/l, wobei in

Annäherung 1 E etwa einem mg/l Sinkstoff entspricht. Erst oberhalb der Strohauser Plate, bei Rodenkirchen, also im sandigeren Teil der Unterweser, entspricht 1 E ca. 1,5—2,0 mg/l; nicht ganz so stark wächst diese Relation in Richtung See unterhalb Hoher-Weg-Leuchtturm an, wo 1 E etwa 1,3—1,5 mg/l entspricht. Im inneren Wesertrichter, zwischen der Verbindungslinie vom Fedderwarder Siel nach Dorum, Cappel, Spieka und etwa der Strohauser Plate dürfte es zukünftig überflüssig sein, immer wieder erneut Kontrollproben durchzuführen!

Bei gelegentlichen mikroskopischen Untersuchungen der Sinkstoffe aus den Seitenräumen der Stromes und vom Wattenmeer zeigte sich erneut, daß es sich in erster Linie um Quarzkörner und Körner anderer Mineralien handelt, die im Schnitt einen Durchmesser zwischen $\leqq 1\ \mu$ und etwa 50 μ aufweisen und damit als Schluff (Staub) und als Kolloide (Ton) zu bezeichnen sind. Die Einzelkörner dieser Trübung werden häufig zusammengehalten durch galatinöses $Fe(OH)_3$ usw., das die Partikel zusammenklebt und ihnen zum Teil das Aussehen von bräunlichen Ballen gibt; die braunen Bestandteile zeigen bei entsprechender Behandlung (Zusatz von Blutlaugensalz — Eisenkaliumcyanid — in salzsaurem Medium) fast immer eine positive Reaktion auf Eisen!

Sinkstoffverteilung auf verschiedenen Mündungsquerschnitten

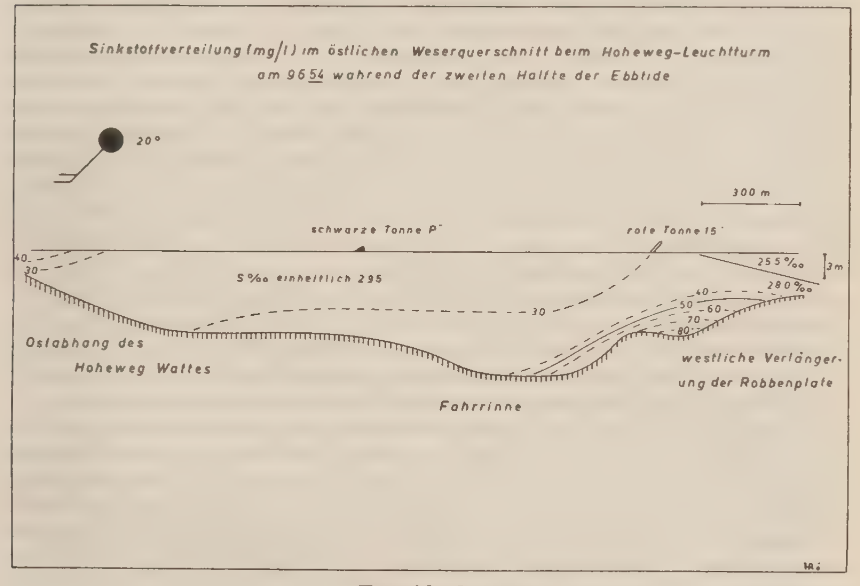
Hydrographische Querschnitte über das gesamte Stromprofil hinweg geben, besonders wenn sie mindestens stündlich während einer ganzen Tide durchgeführt werden, einen guten Einblick in die Sinkstoffverteilung und -konzentration auf den Flußschorren selbst sowie in ihr Verhältnis zu den gleichzeitigen Trübungsphänomenen in der Strommitte. Daher wollen wir hier die Sinkstoffverteilung in den oben erwähnten markanten Querschnitten an den Anfang unserer Betrachtungen stellen.

Der erste Schnitt, dem größere Aufmerksamkeit geschenkt wurde, war der Querschnitt an der Kaiserschleuse bei Bremerhaven. Er wurde erstmalig systematisch während einer ganzen Tide am 26. März 1953 bei normalem Oberwasser (ca. 300 m^3/sec) von der begonnenen Flut am Morgen bis zur erneut entwickelten Flut am Abend in stündlichem Abstand durchgeführt, wobei der einzelne Schnitt etwa ½ Stunde Arbeitszeit in Anspruch nahm. Die für ein größeres Motorboot befahrbare Strombreite beträgt an der Kaiserschleuse etwa 900 m, die Tiefe im Durchschnitt der Tide und in Fahrwassermitte rund 15 m. Am 28. 10. 1953 und am 18. März 1954, also ein Jahr nach der ersten systematischen Meßreihe, wurde der Schnitt bei voller Flut wiederholt. An beiden Wiederholungstagen war das Oberwasser mit etwa 100 resp. 200 m^3/sec unternormal entwickelt.

Es können nur drei typische und repräsentative Schnitte aus der Reihe der insgesamt elf Querschnitte an der Kaiserschleuse in Tafel 1 dargestellt werden. Das einende Moment der untereinander verglichenen Schnitte ist der Salzgehalt, der in allen Teilen zwischen 7 und 8 ‰ und

am Boden des unteren Bildes sogar bei ca. 11 ‰ liegt, wenn man absieht von den Oberflächenwerten auf der rechten, Bremerhavener Seite, wo bei Werten von 3—6 ‰ sowohl bei Flut wie bei Ebbe ein Rest schwach brackigen Wassers aus der oberhalb mündenden Geeste in Erscheinung tritt. — Im oberen und mittleren Bild der Tafel 1 werden zwei gezeitenmäßig gleichweit entwickelte Flutstadien, die aber rund ein Jahr auseinander liegen, miteinander verglichen. Trotz verschiedener Witterungsverhältnisse (frischer Südwest-Wind am ersten Tag und Windstille am Vergleichstag) zeigte sich bei gleichem Salzgehalt an beiden Tagen das gleiche Bild der Trübungsverteilung; dies scheint also, ceteris paribus, einigermaßen konstant zu sein. Der Salzgehalt von 7 bis 8 ‰ und mehr liegt schon etwas über dem für die größte Sinkstoffkonzentration optimalen Wert von 3 bis 5 oder 6 ‰, wir befinden uns also zur Zeit der Beobachtung unterhalb des Zentrums der typischen Trübungswolke, das Hauptfahrwasser weist mit wenigen 100 mg/l Sinkstoff in beiden Flutbildern eine abklingende Trübungskonzentration auf. Dagegen sind die Sinkstoffe in einem höchstens 100 m breiten Saum in der Nähe des Bodens und besonders an der West- und Ostschorre bis auf 1000 mg/l und mehr angereichert; d. h. daß die mehr oder minder schlickigen Hänge des Ufers bei vollem Flutstrom (bis zu 3 Kn. = 1,5 m/sec) derart aufgewirbelt werden, daß die erwähnten Konzentrationen als „Saumtrübe" (Lüneburg 1953 und 1954) weitgehend unabhängig vom Salzgehalt in Suspension bleiben. — Das Ebbebild vom 26. 3. 1953 gibt bei Salzwerten von über 6 ‰ prinzipiell ein ähnliches „Saumtrüben-Phänomen" wie bei Flut, nur scheint auf der Blexer Seite die Saumtrübe gegenüber dem Flutquerschnitt etwas erhöht, was nach unseren Beobachtungen an Ort und Stelle damit zusammenhängt, daß bei fortgeschrittener Ebbe und außerdem bei dem frischen Südwest-Wind des Beobachtungstages trübes Oberflächenwasser von dem schlickigen Watt nördlich Blexen mit scharf abgesetzter Stromgrenze auf die Weser hinausströmt und auf diese Weise eine ausgeprägte Saumtrübe hervorruft. — Während der ganzen Tide des 26. 3. 1953 ergibt sich folgender Verlauf: Unmittelbar vor Hochwasser verschwindet auch die in Tafel 1 dargestellte Saumtrübe völlig, und zwar zuletzt auf der Ostseite, dem Prallhang der Weser vor Bremerhaven. Der freie Wasserkörper weist dann, wie immer bei Stauwasser, unter 100 mg/l Sinkstoffe auf. Bei voll einsetzender Ebbe haben wir am 26. 3. 1953 zunächst das typische Saumtrüben-Phänomen, wie auf Tafel 1 unten dargestellt, bis dann schließlich bei fortgeschrittener Ebbe der gering salzige Wasserkörper von 2—5 ‰ mit der entsprechenden Sinkstoffwolke aus dem Raume Nordenham herantransportiert worden ist und die Saumtrübe von den Seiten her zu einer allgemeinen Trübungswolke in den freien Wasserkörper des Hauptfahrwassers hineinwächst und auch in Fahrwassermitte Trübungswerte von 500 bis 1000 mg/l auftreten. Bei Stauniedrigwasser verschwinden alle Sinkstoffe wieder weitgehend aus dem freien Wasser und die erste Flut bringt die Trübe erneut von der Tiefe her in Aufwallung, die zusammen mit den

niederen Salzwerten wieder aus der Strommitte verschwindet; dann ist der Kreis geschlossen. — Die Wiederholungsschnitte deuten darauf hin, daß dieses Verhältnis der Saumtrübe zum gesamten Wasserraum, normale Oberwasser- und Wetterverhältnisse vorausgesetzt und von gewissen Variationen abgesehen, sich immer in gleicher Weise wiederholt. Vor allem lehrt uns der zuerst betrachtete Querschnitt querab Bremerhaven, daß die Konzentration und die räumliche Verteilung der Saumtrübe quantitativ mindestens ebenso bedeutungsvoll sind wie die Sinkstofferscheinungen im Hauptfahrwasser, evtl. für die Verschlickung der Seitenräume der Unterweser (Sielmündungen, Vorhäfen usw.) noch bedeutungsvoller, da sich aus dem eindringenden Dichtegefällestrom nicht nur ein derartiges Gefälle nach stromaufwärts, sondern auch aus der Strommitte in die Seitenräume ergibt. Dieses seitlich wirkende Dichtegefälle (s. auf Tafel 1 z. B. den Salz-



Textabb. 2

und damit Dichteunterschied zwischen Stromwasser und Geestewasser!) reißt an der Mündung der Bremerhavener und anderer Vorhäfen die dort vorbeiziehende Saumtrübe mit in die Vorhäfen hinein; und dort kommt es im Verein mit vorhandenen Neerströmen im Laufe der Zeit zu einer Anreicherung von weichen Schluff- und Schlickpartikeln (Korngröße 10 μ und weniger) in einer Mächtigkeit von mehreren Metern, wie der Verfasser sie selbst in den Schleusenvorhäfen Bremerhavens und in der Geestemündung als „Schlammpudding“ beobachten konnte! Ähnliche Beobachtun-

gen wurden von holländischer Seite in den Häfen von Rotterdam gemacht (SANTEMA 1954).

Auf Textabb. 2 ist ersichtlich, wie sehr die Konzentration der im Raume von Bremerhaven meist noch beträchtlichen Saumtrübe nach See zu, entlang den dort viel sandigeren Watten, abnimmt. Es ist ein einzelner Querschnitt aus der Gegend der Hohen-Weg-Rinne dargestellt, und zwar ist es von den drei unterhalb der Robbenplate gelegenen Schnitten der östlichste.[1])

Der Schnitt erfolgte bei mäßigen südwestlichen Winden am Mittag des 9. 6. 1954 während vorgerückter Ebbtide und einer Stromgeschwindigkeit von etwa 2 Kn. (1 m/sec). Das Oberwasser war mit rund 100 m^3/sec nur schwach entwickelt, so daß der Salzgehalt trotz der vorgerückten Ebbe mit fast 30 ‰ im gesamten Querschnitt recht hoch liegt; nur am äußersten Nordende, auf der rechten Fahrwasserseite über der unterseeischen Verlängerung der Robbenplate, nimmt der Salzgehalt von ca. 28 ‰ am Boden auf 25,5 ‰ an der Oberfläche ab; wir befinden uns hier auf der brackigen Ebbseite der Mündung, wo das inzwischen mit Seewasser aufgemischte Oberwasser östlich der Robbenplate entlang nach See abfließt. Trotz der noch stark abströmenden Ebbe beobachtet man auf dem Schnitt nur eine kaum entwickelte Saumtrübe, und zwar am Südhang, beim Hohen Weg fast gar nicht und am Nordhang, der verlängerten Robbenplate, lediglich auf einer Beite von ca. 700 m und einer Mächtigkeit von 3 m. In diesem Seitenraum ist der Sinkstoffgehalt nur um etwa das Doppelte oder Dreifache gegenüber der geringen Trübe von maximal 30 mg/l im Hauptfahrwasser erhöht. Diese selbst bei Ebbe nur andeutungsweise auftretende Saumtrübe dürfte den letzten Ausläufer der im Raume oberhalb der Plate stärker werdenden Trübung darstellen, während der Hohe Weg und die Außengebiete des Langlütjen Sandes wesentlich sandiger sind als die gegenüberliegende Ostschorre und somit trotz zahlreicher wasser- und strömungsreicher Priele keine nennenswerte Saumtrübe mehr aufweisen.

Ähnliches wurde auf den weiter westlich gelegenen Schnitten am gleichen Tage festgestellt sowie auf dem östlich, also oberhalb der Robbenplate, auf der Höhe von Wremen belegenen Querschnitt. — Nach den bisherigen quantitativen Quer- und Längsschnitten und den visuellen Beobachtungen im Gebiet der Außenweser scheint festzustehen, daß die von uns als Begriff eingeführte Erscheinung der Saumtrübe im Bereich des eigentlichen Mündungsstromes spätestens westlich der Robbenplate weitgehend ausklingt, so daß sie von dort ab nur noch mit Feinstmethoden feststellbar sein wird. Diese Tatsache hat ihre Ursache in dem nach See zu immer sandigeren Charakter der Wattsedimente.

Wesentlich vielseitiger und aufschlußreicher sind die Sinkstoffverteilungen an den Weserschorren stromaufwärts von Bremerhaven. — Wenige Kilometer oberhalb liegt der eingangs erwähnte Querschnitt auf der Höhe

[1]) Diese Außenweserschnitte konnten nicht während einer ganzen Tide aufgesucht werden, da sie nur einen Teilausschnitt aus einer größeren Reise darstellen.

der Geestemündung querab Bremerhaven. Dieser Schnitt wurde über alle Tidestunden am 17. 7. 1953 bei rund 150 m³/sec Oberwasser und schwachwindigem Wetter durchgeführt; gleichzeitig konnte er etwa 1 km weit in den Unterlauf der Geeste hinein ausgedehnt werden, wobei die zu allen Zeiten der Tide, also auch bei Stauwasser, vorhandenen, einige Meter mächtigen und am Boden leicht flottierenden Schlammassen im Geestehafen beobachtet wurden. Im übrigen haben wir es bei einer ähnlichen Salzverteilung zwischen ca. 5 und 15 ‰ mit analogen Trübungsphänomenen wie an der Kaiserschleuse zu tun.

Auf Tafel 2 sind von den insgesamt zwölf Querschnitten bei Nordenham die drei repräsentativsten aus drei verschiedenen Daten (Frühjahr 1953, Frühjahr 1954 und Sommer 1954) dargestellt, davon die beiden oberen bei Flut aufgenommen, der untere bei Ebbe. Das einende Moment sind in allen drei Fällen das etwas unter der Norm liegende Oberwasser (um 200—250 m³/sec) und vor allem die an den drei Vergleichstagen vorherrschende Windstille. Der Salzgehalt liegt bei dieser Oberwassermenge sowohl bei Flut als auch bei Ebbe im Raume von Nordenham zwischen etwa 2 und 7 ‰, d. h. er ist für das Auftreten der Trübe optimal! — Die Flußschorren sind auf dem Nordenham-Querschnitt und besonders auf der Oldenburger Seite (links) sehr steil und aus tonigem Material aufgebaut. Die Gezeitenströmung läuft in der starken Stromkurve mit einer Geschwindigkeit bis zu 3 Kn. (1,5 m/sec) und ruft auf dem Prallhang bei Nordenham—Einswarden an der hier immer noch 12 m und tieferen sandigen Flußsohle große Rippeln bis zu 1 und 2 m Höhe sowie an den schlickigen Hängen starke Turbulenzen und Wasserwalzen hervor (mit Echolot festgestellt).

Das obere Bild der Tafel 2 zeigt am 18. 3. 1954 bei fortgeschrittener Flut und einem Salzgehalt von 5 bis 7 ‰ ein Nachlassen und Absinken der Trübung im größten Teil des hier knapp 1000 m breiten und 12 m tiefen Stromes, während die Konzentrationen an den Schorren, ganz besonders auf der Oldenburger Seite, noch die beträchtliche Größe von 1000 bis 2000 mg/l erreichen; also auch hier wieder die typische Ausbildung der dynamisch bedingten Saumtrübe, und zwar noch ausgeprägter als bei Bremerhaven. — Der bei ähnlichen Oberwasser- und Wetterverhältnissen gewonnene Vergleichsquerschnitt vom 1. 7. des gleichen Jahres zeigt (in der Mitte der Tafel 2) während der ersten Hälfte der Flut, also bei noch geringeren Salzwerten, eine maximale Ausbildung des Trübungsphänomens. In der Strommitte beobachten wir bei optimalem Salzgehalt (4 bis 5 ‰) ein Aufquellen der Trübungswolke und fast überall Sinkstoffkonzentrationen zwischen 500 und 1000 mg/l.

Aber selbst in diesem Falle ist die Saumtrübe gegenüber derjenigen in Fahrwassermitte wesentlich stärker entwickelt und erreicht Werte bis zu 5000 mg/l, wie sie mit dem D-Gerät trotz geringster Schichtdicke kaum noch zu erfassen sind! — Infolge der Prallhanglage beschränkt sich die Saumtrübe im Nordenhamer Raum weitgehend auf das Westufer des Stromquerschnittes. Bei Beginn der Ebbe schließlich (Tafel 2, unteres Bild) und dem

sehr geringen Salzgehalt von etwa 2 ‰ ist die Trübe fast ausschließlich mit mäßigen Konzentrationen bis zu 500 gm/l auf die Säume beschränkt. Sämtliche übrigen neun Querschnitte von Nordenham zeigen bei den gleichen Oberwasser- und Wetterverhältnissen einen ähnlichen Befund.

Die maximal ausgeprägte Saumtrübe auf der Nordenhamer Seite führt, wie nicht anders zu erwarten, in den dort vorhandenen wenigen Stichkanälen und Häfen zu einer besonders starken Verschlickung, und in Rücksicht auf diese existieren in Nordenham keine nennenswerten Hafenbecken; der frühere Stichhafen der seit langem nach Bremerhaven verlegten Hochseefischereigesellschaft „Nordsee" ist inzwischen bis fast zur Hochwasserlinie restlos verschlickt und völlig unbrauchbar geworden Der gesamte, recht beträchtliche Umschlag des Hafens Nordenham spielt sich ausschließlich an offenen, parallel zum Strom verlaufenden und am Prallhang liegenden Piers ab.

Die beiden südlichsten Querschnitte bei Rechtenfleth, die meistens oberhalb des Sinkstoffzentrums liegen, wurden des öfteren systematisch zu allen Tidestunden aufgesucht.

Die drei repräsentativsten Bilder sind in Tafel 3 zusammengefaßt. Die beiden oberen Schnitte wurden im Frühjahr 1953 bei schwachwindigem Wetter und wenig Oberwasser (ca. 200 m³/sec) im Zusammenhang mit einer über die ganze Tide ausgedehnten Untersuchungsfahrt durchgeführt, und zwar auf dem etwa 800 m breiten und rund 10 m tiefen nördlichen Schnitt (beim Drepter Siel), während das untere Bild im Sommer des folgenden Jahres bei ähnlichen Oberwasserverhältnissen und Windstille auf dem gleich breiten und tiefen Schnitt südlich Rechtenfleth gewonnen wurde.

Im Frühjahr 1953 (22. Mai) dringt auch bei fortgeschrittener Flut nur wenig Seesalz in den Rechtenflether Raum ein (kaum 2 ‰); das Trübungsphänomen ist im Ausklingen begriffen, und nur auf der Westschorre nimmt die Sinkstoffkonzentration im Bereich der Saumtrübe um etwa das Doppelte gegenüber dem Hauptfahrwasser zu. — Auch bei vorgerückter Ebbe und völlig fehlendem Seesalz (Mitte Tafel 3) ändert sich das Bild auf dem gleichen Querschnitt nicht wesentlich; die Trübe ist also innerhalb gewisser Grenzen keine Funktion des Salzgehaltes und, da weitgehend dynamisch bedingt, von der Korngröße der Schorrensedimente abhängig. — Auf dem unteren Bild liegen die Verhältnisse etwas anders. Dort ist mit der letzten Hochwasserwelle von See her der für die Sinkstoffkonzentration optimale Salzgehalt um 5 ‰ bis in den Raum von Rechtenfleth gelangt, und die erste Ebbe nimmt nun diesen Wasserkörper wieder mit seewärts. Dabei sind die Trübungskonzentrationen in Fahrwassermitte wieder auf einige 100 mg/l beschränkt, steigen aber besonders auf der Westseite auf über 1000 mg/l in der Saumtrübe an. Diese stark angereicherte Trübe kann jedoch nicht restlos an Ort und Stelle aufgewirbelt sein, da 1. die Westschorren bei Rechtenfleth relativ sandig sind und 2. dann auch zu anderen Zeiten bei voll entwickelter Strömung die Saumtrübe hier konzentrierter sein müßte, was aber, wie wir oben sahen, nicht der Fall ist. Die starke Saumtrübe auf der Westseite muß mit dem Wasser optimalen

Salzgehaltes von den flußab liegenden Marsch- und Tonküsten bei Nordenham, Kleinensiel usw. herantransportiert worden sein.

Die restierenden zehn Schnitte über die Weser im Raume Rechtenfleth verstärken den Eindruck, daß hier die Trübe im freien Fahrwasser im allgemeinen mit rund 100 mg/l recht gering ist und an den Schorren bei voller Strömung auf 200—400 mg/l ansteigen kann, und nur in Ausnahmefällen (wie auf dem unteren Bild der Tafel 3) dringt der für die Trübe optimale Salzgehalt soweit flußauf und werden, besonders wieder an den Säumen, Konzentrationen bis zu 1000 mg/l beobachtet. Bei gelegentlichen Fahrten in den oberen Teil der Unterweser bis in das Gebiet von Vegesack und der stadtbremischen Häfen, wo der tonige Marschensaum immer mehr in den Hintergrund tritt und sandiger Geest sowie sandigen Böschungen (Baggersand) Platz macht, wurden mit dem D-Gerät und auf gravimetrischem Wege Sinkstoffmengen von nur 10—30 mg/l sowohl in der Fahrwassermitte wie auch an den Schorren festgestellt.

Zusammenfassend gewinnt man nach der Betrachtung von insgesamt 53 Einzelquerschnitten zwischen der Tegeler Plate und Rechtenfleth, wovon die zehn repräsentativsten dargestellt sind, und im Anschluß an die früheren Trübungsmessungen im Hauptfahrwasser etwa folgendes Bild von der Verteilung der Trübe auf den Schorren der Wesermündung im Verhältnis zu derjenigen des eigentlichen Fahrwassers:

Bei dem für die Sinkstoffanreicherung optimalen Salzgehalt um 5‰ wird am oberen Ende des Dichtegefällestromes die aus dem Abbau der tonigen Marschkanten und Watten zur Hauptsache resultierende Sinkstoffmenge stark angereichert und erreicht in der Fahrwassermitte bis zu 1000 mg/l Trübe und in Bodennähe gelegentlich auch mehr, während gleichzeitig die Konzentration in den Seitenräumen und an den Hängen des Strombettes noch auf ein Mehrfaches (bis zu 5000 mg/l) infolge der dort gesteigerten Turbulenz und des mehr oder minder tonigen Charakters dieser Hänge (im Gegensatz zu der fast immer sandigen Flußsohle) anwachsen kann. Von dieser mit ihrem Zentrum an den erwähnten Salzgehalt gebundenen Wolke gehen auf beiden Ufersäumen in variierender Konzentration Trübungsstreifen besonders seewärts, aber auch flußaufwärts aus, die mit zunehmender Entfernung vom Wolkenzentrum immer mehr ausklingen, um unterhalb der Robbenplate und oberhalb Rechtenfleth praktisch zu verschwinden, weil nämlich jenseits dieser Lokalitäten der sandige Charakter der Flußsohle auch auf die Seitenräume übergreift. In der Fahrwassermitte muß sich die Trübe auf die nur wenige Kilometer lange Wolke beschränken, da das Wasser in der Strommitte unterhalb der Wolke stabiler gelagert und oberhalb derselben a priori klarer ist. Das gesamte Trübungsphänomen in der Wesermündung (und wahrscheinlich auch in den übrigen Tidemündungen der Wattenküste) nimmt sich also in der Aufsicht aus wie ein Kissen (Wolkenzentrum), dessen vier Ecken zu langen, immer dünner werdenden Streifen ausgezogen sind (die die Länge der Trübungswolke um ein Mehrfaches übertreffenden Saumtrüben); oder man kann eine solche

Form auch mit derjenigen eines Rocheneies vergleichen. — Von dieser Art der Trübungsverteilung ist der Sinkstoffkreislauf auf den benachbarten Watten und an ihren Küsten zu unterscheiden, der aber an bestimmten „Nahtstellen" Anschluß an die in der Form eines Rocheneies auftretende Trübung im und am Weserstrom hat.

Sinkstoffverteilung entlang den Mündungsschorren

In Ergänzung zu der Betrachtung der Sinkstoffverteilung auf den Uferhängen, die eben an Hand von Stromquerschnitten durchgeführt wurde, folgt noch die Diskussion einiger markanter, 15 bis 20 km ausgedehnter Längsschnitte, deren Lage aus der einleitenden Beschreibung sowie aus der Übersichtskarte hervorgeht. — Diese hydrographischen Längsschnitte auf den Hängen des Stromes, parallel zum Ufer, erhärten zwar die aufschlußreichen Befunde der Querschnitte in etwa, sie liefern aber dennoch nur einen bedingt repräsentativen Eindruck, da sie infolge verschiedener Uferhindernisse, infolge des wechselnden Tiefganges der jeweils zur Verfügung stehenden Schiffe, der variierenden Gezeitenverhältnisse usw. nicht in einem stets gleichbleibenden Abstand von der Grodenkante (dem Ufer) und auf ein und derselben Isobathen stattfinden konnten. Die auf den folgenden Tafeln dargestellten Tiefen sind zum Teil dadurch entstanden, daß sich das Schiff beim Entlangfahren in wechselndem Abstand vom Ufer halten mußte. Auf diese Weise wird von der innerhalb einer gewissen Strecke mehr oder minder gleichmäßigen Verteilung der Saumtrübe an dem einen Ort evtl. das Zentrum, am benachbarten Ort aber die ausklingende Flanke erfaßt. Im übrigen ist auf den relativ kurzen Querschnitten die Simultanität der Beobachtungen mehr gewahrt (Dauer höchstens ½ Stunde) als auf den viele km ausgedehnten Längsschnitten. So sind die auf den Längsfahrten gewonnenen Isolinienbilder nicht in gleichem Maße reell wie die aus den Querschnitten hervorgegangenen. Dennoch können auch die Längsfahrten dazu beitragen, das oben gewonnene Bild des gesamten Sinkstoffphänomens zu erhärten.

Auf Grund der soeben gebrachten Überlegungen wurden in beiden Beobachtungsjahren insgesamt nur sechs Längsschnitte durchgeführt, und zwar einer auf beiden Seiten der Außenweser auf der Höhe der Tegeler Plate, einer entlang der Westschorre der Wesermündung (vom Langlütjen Sand bis etwa Rodenkirchen) und drei auf der Ostschorre zwischen Schmarren/Wremen und etwa Rechtenfleth. Schließlich erfolgte im November 1954 noch eine kurze Orientierungsfahrt in das Fedderwarder Tief, das den Langlütjen Sand vom Festland trennt.

Der Längsschnitt oberhalb und unterhalb des Hohe-Weg-Leuchtturms (an der Mündung des Fedderwarder Tiefs beginnend) wurde am 9. 6. 1954 durchgeführt. Der gesamte Schnitt, wie auch der am gleichen Tage auf der Gegenseite (Tegeler Plate) zur Ergänzung durchgeführte Längsschnitt, erfolgte bei Ebbe bis Niedrigwasser. Oberwasser: 100 m³/sec, Wind: SW 4. Da in diesem Raum von einer nennenswerten und variierenden Trübe nicht die Rede ist, wird auf eine weitere Darstellung verzichtet. Im Durchschnitt liegen die Trübungswerte entlang dem Hohen-Weg-Watt zwischen 20 und 40 mg/l, und das bei voll entwickelter Ebbströmung, die hier immerhin eine Geschwindigkeit bis zu 3 Kn. und mehr aufweist (1,5 m/sec). Nur gelegentlich deutet sich hier und dort vor den größeren Prielen, die am Hohen Weg münden, eine geringe Erhöhung der Sinkstoffkonzentration an, die aber

kaum den 100-mg/l-Wert erreicht. Das ganze Milieu ist am Hohen Weg viel zu sandig, um eine nennenswerte Saumtrübe in Erscheinung treten zu lassen. Die gleichzeitig gemessenen Salzgehalte liegen bei etwa 26 bis 30 ‰.

Ähnliche Befunde wurden am 11. 11. 1954 auf einer Längsfahrt in das Fedderwarder Tief (s. Karte) getätigt. Zu dieser Zeit war die Oberwassermenge mit rund 450 m^3/sec stark entwickelt, dennoch lagen die Salzwerte sowohl bei Flut wie bei Ebbe mit 20—25 ‰ bis auf die Höhe des Burhaver Sieles relativ hoch; Wind SW 4. Sowohl beim Hineinfahren in das Tief bei Flut wie auf der Rückfahrt bei Ebbe konnten beim Durchschnitt von etwa 50—75 mg/l nirgends höhere Werte als 100—200 mg/l festgestellt werden; diese lagen stets an Stellen stärkerer Turbulenz, wie an der Mündung des Tiefs oder vor dem großen Mittelpriel auf dem Langlütjen Sand. Der sandig-klare Charakter des linken Marschufers der Wesermündung (das ist die von See her besonders beeinflußte Flutseite) klingt erst im Raume von Waddens/Tettens aus, wo es zu größeren Sinkstoffanreicherungen auf dem Watt kommt.

Auf Tafel 4 ist ein für die Trübungsverhältnisse auf der linken Schorre der inneren Mündung aufschlußreicher Längsschnitt auf der Strecke zwischen Kleinensiel und Bremerhaven dargestellt: Links auf dem oberen Bild der Tafel beginnt die Darstellung der Trübung auf der Schorre im Raume von Kleinensiel und endet rechts unten bei Bremerhaven. Die Aufnahme erfolgte am 18. 3. 1954 bei Windstille und einer um 220 m^3/sec liegenden Oberwassermenge, also bei angenähert normalen Zuständen, und zwar auf der ganzen Längserstreckung während der vollen Fluttide und, wie im Großraum von Nordenham bei normalen hydrographischen und meteorologischen Verhältnissen nicht anders zu erwarten, bei dem optimalen Salzgehalt um 5 ‰. — So sieht man denn auch mit Unterbrechungen, die entweder tatsächlich in situ vorhanden oder aber aus den oben dargelegten Gründen nur vorgetäuscht sind, überall eine relativ stark entwickelte Trübe, die im Durchschnitt etwa 500 mg/l beträgt und in erster Linie von der Flutströmung (2—3 Kn.) und den tonigen Marschhängen des Nordenhamer Ufers abhängt, dann aber in der Zone um rund 5 ‰ Salzgehalt in „dicken Wolken" Spitzenwerte von über 1000 mg/l (bis 1500 mg/l) erreicht, wie besonders auf der Höhe der Nordenhamer Pier und oberhalb Blexen. Das auf dem zweiten Bild der Tafel 4 in Erscheinung tretende tiefe Loch von 10 m ist durch Baggerung entlang der Nordenhamer Anlegepier entstanden. — Die Sinkstoffverteilung dieses Längsschnittes ergänzt gut den auf den Querschnitten bei Nordenham gewonnenen Eindruck; auch dort stellen wir zu anderen Zeiten ähnlich hohe oder höhere Konzentrationen fest. Im übrigen kann immer wieder, wie schon früher im Hauptfahrwasser, die Beobachtung gemacht werden, daß die obere Hälfte oder das obere Drittel der Gesamttiefe von den aufgewirbelten Sinkstoffen nur zum geringeren Teil erreicht und selten die 500-mg/l-Isolinie überschritten wird. — Aus der Darstellung (rechts unten) ist noch ersichtlich, wie die Trübe unter-

halb Bremerhaven nach See zu abnimmt, was auf Grund der normalen Lage des Wolkenzentrums nicht anders zu erwarten ist.

Entlang der Ostschorre liegen ähnliche Verhältnisse vor; die Saumtrübe ist natürlich auch hier abhängig von der Lage der oben mit einem Rochenei verglichenen Sinkstoffverteilung, d. h. daß das Trübungsphänomen unterhalb Bremerhavens im Durchschnitt schnell abklingen wird und somit erst oberhalb der Stadt bis hinauf nach Rechtenfleth von größerer Bedeutung ist. — So ist in Tafel 5 ein typischer Längsschnitt dargestellt, wie er am 1. 7. 1954 bei einer relativ geringen Oberwassermenge von unter 200 m^3/sec und wiederum bei Windstille gewonnen werden konnte. Die Darstellung beginnt oben links an der Schorre der Luneplate gegenüber Nordenham und endet unten rechts auf der Höhe von Rechtenfleth. Die Fahrt wurde bei voller Flut begonnen, erstreckte sich über Stauhochwasser im Raume oberhalb Dedesdorf bis in die volle Ebbe bei Rechtenfleth. Die Salzwerte liegen bis zum Stauhochwasser durchschnittlich um 5—6 ‰ und erreichen nur gelegentlich am Boden 7—8 ‰; querab Rechtenfleth werden bei der ersten vollen Ebbe 5 ‰ kaum noch überschritten, d. h. die Salzwerte sind weitgehend optimal für das Auftreten stärkerer Trübungswolken sogar bis in den Raum von Rechtenfleth hinauf. Aus verschiedenen Gründen unregelmäßig verteilte Sinkstoffzentren bis weit über 1000 mg/l treten an der Luneplate, bei Dedesdorf und schließlich wieder bei Rechtenfleth auf, wobei die Oberfläche kaum jemals erreicht wird. In wie starkem Maße die Saumtrübe, ein toniges Ufergelände vorausgesetzt, von der Strömungsintensität abhängt, zeigt eindeutig die fast trübungsfreie Zone oberhalb Dedesdorf beim Drepter Siel, die vor, während und nach Stauhochwasser kaum Konzentrationen von 100 mg/l aufweist trotz optimaler Salzverhältnisse. Der hohe Trübungswert während der ersten vollen Ebbe in Bodennähe des Raumes Rechtenfleth stellt eine Ausnahme dar, die sich lediglich aus dem verhältnismäßig geringen Oberwasser und damit aus dem Vordringen optimalen Salzgehaltes bis hierher erklärt (auch die Querschnitte von Rechtenfleth). —

Zwei weitere Längsschnitte in der Unterweser bei Bremerhaven und oberhalb erhärten den schon mehrfach erwähnten Eindruck der Saumtrübe im Wesermündungsgebiet, wenn diese Schnitte auch bei extremen Oberwasserverhältnissen gewonnen wurden. So führte die mit der Fluttide am 28. 10. 1953 bei 100 m^3/sec Oberwasser und Windstille auf der Ostschorre zwischen Wremen und Nordenham erfolgte Fahrt an keinem Ort in Wasserkörper unter 10—12 ‰ und somit nicht in das Wolkenzentrum. Dennoch wurden bei voll entwickelter Flutströmung vor Bremerhaven und der Luneplate Sinkstoffwerte von 400—500 mg/l gemessen, die natürlich ausschließlich strömungsbedingt sind und nur das seewärts ausklingende Ende der Saumtrübe darstellen; es wurden in diesem Falle nicht die höheren Konzentrationen der Endzone des Dichtegefällestromes erreicht, die am Beobachtungstage weit oberhalb Nordenham gelegen haben muß. Eine weitere Längsfahrt wurde am 13. 10. 1954 bei konträren Verhältnissen durch-

geführt. Es wehte ein mäßiger Südwest-Wind, und die Oberwassermenge erreichte mit fast 500 m^3/sec eine beträchtliche Höhe, die, obgleich die Fahrt entlang der Ostschorre zwischen der Luneplate und Rechtenfleth bei Flut erfolgte, sämtliches Seewasser restlos aus diesem Teil der Unterweser nach See verdrängt hatte; die Trübungswolke muß mit ihrem Zentrum an diesem Tage unterhalb Bremerhavens gelegen haben! — Hier im reinen Oberwasser steigt die Saumtrübe bei Flut auf etwa 200—300 mg/l an und beläuft sich bei Stromstille auf Werte zwischen 30 und höchstens 100 mg/l. Im übrigen werden die Sinkstoffe im Süßwasser schneller zu Boden sinken, woraus sich zu einem gewissen Grade die niedrige Trübe erklären mag.

Sinkstoffverteilung am Marschensaum und in den Prielen des Weserästuars

Im Gegensatz zum Weserstrom liegen im benachbarten Wattenmeer und vor seinen flachen Marschküsten westlich Blexen und nördlich Wremen weitgehend andere dynamische und topographische Verhältnisse vor, die das Sinkstoffphänomen entsprechend beeinflussen. — Während der Gezeitenstrom im 10—20 m tiefen Hauptfahrwasser in breiter Front mit 2—3 und gelegentlich auch 4 Kn. Geschwindigkeit (1—2 m/sec) den sandigen Grund und die großflächigen Hänge, die meistens aus tonigen Schichten aufgebaut sind, bearbeitet, dringt das Flutwasser ins Wattengebiet zur Hauptsache durch die höchstens einige Meter tiefen und 10—20 m breiten Priele ein, wobei nur gelegentlich einmal die 2 - Kn. - Geschwindigkeitsgrenze überschritten wird. Überströmt dann das Flutwasser während der vorgerückten Tide die Wattflächen selbst, so läßt die Geschwindigkeit weiter nach, und auf den höher gelegenen Platen ist, von ausgesprochenen Sturmwetterlagen abgesehen, die Stromgeschwindigkeit meist sehr gering, und nur der erste Flutsaum zeigt eine gewisse Bewegungsintensität und damit Transportfähigkeit. Auch das Ebbwasser zieht zuerst recht langsam von den Wattflächen ab und steigert seine Abflußgeschwindigkeit erst bei fortgeschrittener Tide in den Rinnen. Selbst im schlickigen Watt ist der Boden der Priele infolge der erhöhten Geschwindigkeit von feinkörnigen Sedimenten (Schluff und Ton) frei und nur die Prielränder sind aus schlickigerem Material aufgebaut, da dort die Stromgeschwindigkeit wesentlich geringer ist, als im zentralen Stromfaden der Rinne. Die großen Wattflächen und -platen sind trotz der erwähnten relativ geringen Stromgeschwindigkeit aus mittel- bis großkörnigen Sedimenten aufgebaut (über 50—100 μ), wenn man absieht von den geschützten Lagen im inneren Mündungstrichter bei Tettens—Blexen usw. oder auch in unmittelbarer Nähe der Grodenkanten. Dieses häufige Fehlen der Feinsedimente auf den hohen stromfreien Platen dürfte seine Ursache in der bei Wind dort häufig vorhandenen Brandung haben, die die feinen Fraktionen nicht zum Absetzen kommen läßt. Ausgesprochen großflächige und tonige Schorren, wie sie zur Aufbereitung der Saumtrübe im Weserstrom bestehen, existieren im Wattenmeer nicht, und nur kurz vor und nach Hochwasser kann die See an den mehr oder minder

tonigen Marschkanten mit Hilfe der Brandung gröbere und feinere Sinkstoffe herausarbeiten.

Es kommt noch die an den Grodenkanten entlang laufende Strömung bei Hochwasser hinzu, die durch den nur in Ausnahmefällen direkt senkrecht auf die Küste zu oder von ihr fort wirkenden Winddruck hervorgerufen wird; diese uferparallelen Strömungen erreichen, je nach Windstärke, bis zu 1 Kn. Geschwindigkeit (0,5 m/sec). Auf diese Weise bildet sich also unmittelbar entlang der Marschenküste zur Zeit der Wasserbedeckung auch eine Saumtrübe heraus. Die Grodenkantensaumtrübe bleibt zum Teil über Niedrigwasser in einer Entfernung von 100 oder 200 Metern in stillen Buchten sowie in den Senken der benachbarten Priele liegen und erschwert häufig den Übergang von der Grodenkante auf das offene Watt hinaus. Zum großen Teil sind heutezutage die Grodenkanten mit Basalt- oder anderen Steinschutzwerken versehen, die eine direkte Erosion weitgehend verhindern; aber dennoch arbeitet das Meer bei Hochwasser auch an diesen geschützten Kanten derart, daß Material zu Füßen der Deckwerke und unmittelbar seewärts von ihnen losgearbeitet wird und die Saumtrübe kaum verändert erhalten bleibt. Die Küstensaumtrüben wandern je nach Wind und Wetter und jeweils nur um die Hochwasserzeit herum (insgesamt etwa 6 Std. pro 24 Std.) entweder in die Wesermündung hinein oder aus ihr heraus. Da aber in der Wesermündung die westlichen Winde vorherrschen, bewegt sich besonders die linksseitige Kantentrübe bei Blexen in die Weser hinein und wird früher oder später durch die Gezeitenströme und den Dichtegefällestrom mit den Saumtrüben und der Trübungswolke in Verbindung gebracht. Nördlich Blexen ist also eine der „Nahtstellen“ zwischen den Sinkstoffphänomenen der Watten und denen der Weser selbst. Auf der Ostseite des Fahrwassers geht die bei Bremerhaven und Weddewarden ausklingende Saumtrübe der Weser im Raume von Wremen langsam über in die Kantentrübe, die sich hier nicht nur an Ort und Stelle entwickelt, sondern noch zusätzlich aus dem Weserstrom gespeist wird. — Über die Dauer dieser Prozesse ist natürlich ohne den komplizierten und kostspieligen Einsatz radioaktiver Isotope nichts zu sagen.

Tafel 6, rechte Seite, gibt die Sinkstoffverteilung an der Oberfläche vor der Kante aus zwei verschiedenen Reisen zwischen dem Wremer- und Dorumer Tief. Die erste Reise erfolgte am 13. 8. 1954 bei etwa normaler Oberwasserentwicklung (rund 300 m^3/sec) und südwestlichen Winden (Stärke 4), die das Wasser des Wurster Wattes bei Hochwasser langsam nach Norden abdrückten; so setzte unmittelbar an der Küste entlang ein Nordstrom von ca. 1 Kn. Geschwindigkeit. Die zweite Untersuchung erfolgte hier zwei Monate später, am 14. 10. 1954, ebenfalls bei mäßigen Südwest-Winden, jedoch war das Oberwasser infolge langandauernder starker Regenfälle auf fast 500 m^3/sec angestiegen. — Auf den ersten Blick fällt die weitgehende Parallelität der beiden Trübungskurven auf, was davon zeugt, daß bei einigermaßen normalen Witterungsverhältnissen schon *eine einzelne* Reihenuntersuchung im Watt einen repräsentati-

ven Charakter haben kann! Eine ähnliche Parallelität liegt auch zwischen den beiden Salzgehaltskurven vor. Im übrigen liegt der Salzgehalt am 14. 10. 1954 infolge des stärkeren Oberwassers generell um über 5 ‰ niedriger als im August desselben Jahres. Mit dem vorgerückten Oberwasser gelangte auch die Trübungswolke der Weser mitsamt ihrer Saumtrübe weiter seewärts, d. h. die Sinkstoffe an der Wurster Grodenkante wurden im Oktober durch das Vordringen der Wesertrübe, verstärkt durch die südwestlichen Winde, im Durchschnitt um über 100 mg/l gegenüber dem August erhöht. Weiterhin stellt man fest, daß der Sinkstoffgehalt von Wremen bis in den Raum von Solthörn, der Westspitze des Landes Wursten, zwischen 300 und 400 mg/l schwankt, das sind immerhin Werte, wie sie uns auch aus den Säumen der Unterweser bekannt sind, wenn man von der Gegend der zentralen Trübungswolke absieht. Nach einer starken Erhöhung der Trübe südlich Solthörn sinkt sie dann unmittelbar nördlich dieses Punktes auf 100—200 mg/l ab. Das ist darin begründet, daß bei Solthörn eine etwa 500 m lange Steinbuhne (Mole) rechtwinklig ins Meer hinaus gebaut wurde, in deren Schutz (bei Südwest-Winden) das Wasser sich schnell beruhigt und die Sinkstoffe weitgehend zur Ablagerung gelangen. Bei den vorherrschenden Südwest-Winden ist die erwähnte Erscheinung bei Solthörn sehr regelmäßig, und nördlich der Solthörner Buhne haben sich im Laufe der Jahre Schlickmassen von 1—2 m Mächtigkeit abgelagert, deren Betreten lebensgefährlich werden kann! — Weiter nördlich, am Misselwarder Siel, schwanken die Sinkstoffwerte mit verhältnismäßig geringer Amplitude zwischen 200 und 300 mg/l, um aber im weiteren Verlauf bei Padingbüttel weitgehend aus dem Wasser zu verschwinden; es enthielten die Proben dort nur noch etwa 50 mg/l Sinkstoffe und sogar noch weniger. Bei Padingbüttel ist der Grodenkante ein mehrere hundert Meter breiter Gürtel von Strandastern *(Aster tripolium)* vorgelagert, in dem das Wasser trotz der Südwest-Winde völlig zur Ruhe kommt; auf diese Weise haben die Trübungspartikel die Möglichkeit, stark zu sedimentieren. Ähnlich dürfte sich wohl auch die zwischen dem Wremer Siel und Solthörn zu beobachtende relative Trübungsabnahme bei Schmarren erklären, die an beiden Daten zwischen 150 und 200 mg/l liegt; dort befindet sich ebenfalls ein breiter Pflanzengürtel, der jedoch aus Strandbinse *(Scirpus maritimus)* besteht. In der Nähe des Dorumer Sieles steigt bei unbewachsener Küste die Trübe erneut etwas an, erreicht aber kaum noch den 200-mg/l-Wert.

Von den eben erklärten Trübungsschwankungen entlang der Wurster Küste abgesehen, nimmt der Sinkstoffgehalt generell von Süd nach Nord, von Wremen nach Dorum und darüber hinaus ab, und zwar beträgt diese Abnahme in beiden Fällen rund 200—300 mg/l bei einem Ausgangswert auf der Höhe des Wremer Sieles von ca. 300 mg/l im August 1954 und von ca. 500 mg/l im Oktober desselben Jahres. Die stärkste und nachhaltige Abnahme auf der ganzen Strecke tritt vor der Padingbütteler Küste, im Bereich des erwähnten Strandaster-Gürtels, auf, dessen Nordsüd-

Erstreckung sich auf rund 2 km beläuft. Gleichzeitig ist die an den ungeschützten Stellen der Küste, besonders bei Schmarren und Cappel, oft über einen Meter hohe Abbruchkante hinter den Pflanzengürteln nicht der Erosion ausgesetzt, ist dort mehr oder minder abgeschrägt und weicht nicht weiter zurück, im Gegensatz zu Schmarren, wo bei noch nicht vorhandenem Deckwerk ein jährlicher Küstenrückgang von einigen Metern beobachtet wird! Die Pflanzengürtel sind bekanntlich ein hervorragender Schlickfänger und Schutz für die Küste, und es ist erstaunlich, daß an der Wurster und zum Teil auch an der gegenüberliegenden Butjadinger Küste so wenig Pflanzenschutzgürtel vorhanden sind, ganz im Gegensatz zu den Landgewinnungsanlagen an der Schleswig-Holsteinischen Westküste (WOHLENBERG 1954). Die Ursachen hierfür sind unklar.

Der entsprechende Verlauf der Salzgehaltskurven ist ebenfalls von großem Interesse: Sowohl im August, bei wenig Oberwasser, als auch im Oktober, bei viel Oberwasser, nimmt der Salzgehalt von Wremen nach Dorum um 7‰ zu, wobei alle Schwankungen in beiden Kurven parallel verlaufen. Der unregelmäßige Verlauf der Salzkurven steht in engem Zusammenhang mit den Mündungen der Entwässerungssiele der Wurster Marsch. Auf der Untersuchungsstrecke wirken sich zwischen Wremen und Solthörn das Wremer Siel und zwischen Solthörn und Dorum das Misselwarder Siel aus. In beiden Fällen zeigt der Verlauf der Kurve etwa 2—3 km nördlich von Wremen und 2—3 km nördlich des Misselwarder Sieles eine Absenkung des Salzgehaltes um angenähert 2‰ gegenüber dem kontinuierlich gedachten Verlauf. Diese fast verblüffende Parallelität ist zum Teil mitbegründet in den gleichen Wetterverhältnissen. Die regelmäßig auftretenden Salzminima an der Grodenkante sind auf folgende Weise entstanden: Bei Ebbe strömt das Süßwasser der Entwässerungszüge aus den Sielen in den Außentiefs weit aufs Watt hinaus; die rückkehrende Flut drückt es dann als großen Wasserkörper gegen die Grodenkante zurück, wobei je nach Wind und Wetter eine stetige Vermischung mit dem eigentlichen Wasser des Wattenmeeres stattfindet. Bei Hochwasser wird die Versalzung der Süßwasserkörper, die sich bei den vorherrschenden Südwest-Winden in der Nähe der Grodenkante langsam nach Norden fortbewegen (in unseren Fällen um 2—3 km), weit fortgeschritten sein. Die im Mittel auf einer Fläche von vielleicht 1 km^2 im Raume vor der Sielmündung und bei einer Durchschnittstiefe von angenähert 1 m (gedacht als Mittel der ganzen Wasserbedeckungszeit) an das Sielmündungsgebiet herandrängende Flut wird demnach überschlagsmäßig eine Wassermenge von rund einer Million m^3 ausmachen. Da andererseits die Sielzüge an ihrer Mündung im Deich einen Querschnitt von ca. 8 m^2 haben und die Entwässerung an der Sielmündung mit einer mittleren Abflußgeschwindigkeit von rund 0,75 m/sec erfolgt und schließlich die Zugzeit der Siele bei etwa 5 Stunden pro Tide liegt, treten im großen Mittel an jeder Sielmündung angenähert 100 000 m^3 Süßwasser pro Tide ins Watt hinaus. Es kann demnach unter normalen Umständen damit gerechnet werden, daß bei auf-

kommender Flut in dem Raum vor der Sielmündung (auf 1 km^2 geschätzt) das Binnenwasser im Verhältnis 1:10 mit Wattwasser vermischt wird.[1])

Das mit der Flut von Westen durch das Schmarrener Loch, das Misselwarder Tief, das Dorumer Tief usw. heranströmende Wattwasser hat einen mittleren Salzgehalt von ca. 20 ‰ und etwas darüber; wird dieses Wasser vor den Sielen zu einem Zehntel mit Süßwasser vermischt, so müßte also der Ausgangssalzgehalt um etwa 2 ‰ in den Vermischungszonen gesunken sein, was auf der Fahrt vom 13. 8. 1954 auch tatsächlich festgestellt werden konnte. Am 14. 10. 1954 betrug aber die Absenkung des Salzgehaltes bei einem um 5—10 ‰ niedrigeren Salzgehalt als im Sommer ebenfalls 2 ‰; das Verdünnungsverhältnis ist in dem sehr regenreichen Oktober 1954 demnach größer als 1:10 gewesen und hat etwa das Verhältnis 1:5 erreicht, d. h. die Entwässerungsgröße aus dem Lande Wursten war gegenüber dem Sommer verdoppelt. Die errechnete Verdünnung deckt sich in unserem Falle etwa mit der aus der Salzabsenkung zu erwartenden Verdünnung; derartige Berechnungen sind im allgemeinen nur auf engem Raume möglich.

Vergleicht man nun im rechten Bild der Tafel 6 die Salzkurven mit denen des Sinkstoffes, so fällt auf, daß sowohl im Gebiet von Schmarren als auch von Padingbüttel die sekundären Maxima der Trübungskurven mit den sekundären Salzminima etwa zusammenfallen (das starke Trübungsminimum unmittelbar nördlich Solthörn ist, wie wir schon sahen, rein dynamischen Ursprungs); das Absinken der Trübe wird also sowohl durch die Stagnation des Wassers in den Pflanzenstreifen, als auch durch die Verdünnung mit dem klaren Binnenwasser bedingt sein. Welcher Anteil dem einen oder anderen Faktor zukommt, kann nicht festgelegt werden.

Bei einem einzelnen Längsschnitt entlang der Grodenkante im Gebiet nördlich des Dorumer Tiefs bis nach Spieka, über das Cappeler Tief hinaus, der am 16. 8. 1954 bei normalem Oberwasser (etwa 300 m^3/sec) und Westwind (Stärke 4) kurze Zeit nach dem ersten Schnitt von Wremen nach Dorum durchgeführt wurde, ergaben sich ähnliche Phänomene. Er kann übrigens als die unmittelbare Fortsetzung der Strecke Wremen—Dorum aufgefaßt werden, da er bei ähnlicher Wetterlage und nur drei Tage später erfolgte. Auch hier wird der von Dorum nach Norden von etwa 20 ‰ auf ca. 23 ‰ ansteigende Salzgehalt nördlich des Dorumer und des Cappeler Tiefs sogar um jeweils durchschnittlich 4—5 ‰ abgesenkt; die Verdünnung liegt demnach bei mindestens 1:5, wenn nicht gar bei 1:4. Das hat seine Ursache nicht darin, daß im nördlichen Wursten die Entwässerung mehr als doppelt so groß wie in Südwursten ist, sondern in der infolge höherer Wattlage (etliche dm) weniger umfangreich heranströmenden Flutwassermenge. Gleichzeitig sinkt die Trübung von 150 mg/l im Dorumer Raum auf 50 mg/l und weniger bei Spieka ab; d. h. je weiter man sich von der Weser-

---

[1]) Die Zahlenangaben über die Sielzüge erhielten wir in dankenswerter Weise von dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt in Stade, Außenstelle Dorum.

mündung entfernt und sich der Geest südlich Cuxhavens nähert, desto sandiger werden das vor der Grodenkante liegende Watt und auch die Grodenkante selbst, desto geringer also die aufgearbeitete Trübe. Im übrigen nimmt auch auf dieser Strecke der Sinkstoffgehalt in Pflanzenschutzgürteln (Strandastern) um 50 % und mehr ab, wobei allerdings betont werden muß, daß auch hier wieder die sekundären Trübungsminima etwa mit den erwähnten Salzminima zusammenfallen; d. h. wir haben es im Gebiet nördlich Dorum bei höherem Salzgehalt und verminderter Trübe mit analogen und daher wohl zu verallgemeinernden Phänomen zu tun.

Tafel 6, linkes Bild, gibt die entsprechenden Zustände am Marschensaum Butjadingens zwischen Fedderwarder Siel und Tettens wieder. — Die dortige Untersuchung erfolgte am 10. 9. 1954 bei etwa 250 m^3/sec Oberwasser und Südwest-Winden (Stärke 4—5), die jedoch infolge des Küstenverlaufes keine Unruhe im Wasser hervorriefen, da sie ablandig wehten. Es lief am Beobachtungstag ein schwacher Strom an der Grodenkante entlang nach Osten ($<$ 0,5 Kn. oder etwa 0,2 m/sec). Am Westende der Untersuchungsreihe liegt der Salzgehalt bei 20 ‰ und mehr, um stetig bis auf ca. 12 ‰ bei Tettens abzusinken. An der linken Mündungsküste treten nur zwei Entwässerungszüge durch den Deich ins Watt hinaus, und zwar am Fedderwarder Siel und am Burhaver Siel. Es ist zu erkennen, daß auch diese Siele in Ufernähe den Salzgehalt, wie an der Wurster Grodenkante, um jeweils etwa 2 ‰ erniedrigen; da der Ausgangswert rund 20 ‰ ausmacht, werden die Verdünnungsverhältnisse ähnlich denjenigen an der Wurster Küste von Mitte August desselben Jahres sein. Auf der Butjadinger Seite läuft bei den vorherrschenden Südwest-Winden der uferparallele Strom nicht mit derselben Intensität, wie auf der Wurster Seite; das hat zur Folge, daß die verdünnten Wasserkörper an der Grodenkante in unmittelbarer Nähe der Sielmündungen bleiben und sich auch länger als geschlossene Wassermasse vor der Küste halten, ehe sie endgültig nach See verschwinden. So zeigt sich rechts vom Burhaver Siel eine weitere Verdünnungszone, die ihren Ursprung ebenfalls in diesem Siel haben muß, da weitere Abflüsse an der Küste nicht existieren. Die Sinkstoffkonzentration war am 10. 9. 1954 an der ganzen Butjadinger Küste mit Werten zwischen 20 und 100 mg/l im Verhältnis zum Gegenufer sehr gering, eine Tatsache, die auch zu anderer Zeit im Fedderwarder Priel beobachtet wurde (l. c.). Es wird damit erneut bestätigt, daß die linke Seite des Mündungstrichters im Gebiet von Hoher Weg und Langlütjen Sand weniger dem trüben Weserwasser ausgesetzt ist, als das rechte Ufer. Im einzelnen ist der Verlauf der Trübungskurve an der Butjadinger Küste sehr unregelmäßig, wenn auch hier eine gewisse Koinzidenz zwischen dem vor den Sielen befindlichen verdünnten Wasser und den sekundären Trübungsminima festzustellen ist; in Richtung auf Tettens nimmt die Trübe dann in demselben Maße zu, wie dort der Salzgehalt absinkt. Das Watt bei Tettens und Blexen ist infolge besonderer sinkstoffangender Baumaßnahmen wesentlich schlickiger und damit sinkstoffreicher.

Abschließend folgt jetzt noch die Betrachtung der Trübungsverhältnisse in den der Grodenkante vorgelagerten, küstenparallelen Prielen, und zwar an vier verschiedenen Punkten, deren Lage und Eigenschaften eingangs schon erwähnt wurden. — Auf der Wurster Seite wurden drei besonders aggressive Priele dieser Art herausgegriffen:

1. das am stärksten erodierende Schmarrener Loch, nördlich Wremen,
2. der ebenfalls ausräumend tätige Dorumer Priel, südlich des Dorumer Hafens (Dorumer Siel),
3. der mäßig aktive Spiekaer Priel, nördlich des Cappeler Sieles.

Die schon beschriebenen Eigenschaften des Schmarrener Loches führen zu einem relativ starken Sinkstoffaustausch, der etwa so verläuft, wie auf Tafel 7, oberes Bild, dargestellt ist. — In diesem Falle wurde das D-Gerät auf der Höhe des Dorfes Schmarren mitten in den dort 100 m vom Land entfernten und 2 m unter Wattoberfläche liegenden Priel gestellt und die Trübe von etwa 2½ Stunden vor Hochwasser bis fast 3 Stunden nach Hochwasser in 0,5 m Abstand vom Boden gemessen; früher oder später stand in dem Priel praktisch kein Wasser mehr, die Steigdauer ist also etwas kürzer als die Falldauer. — Die dargestellte Untersuchung im Schmarrener Loch wurde am 30. 6. 1953 bei schwachen bis mäßigen östlichen, d. h. ablandigen Winden, bei starker Einstrahlung (30° C) und wenig Oberwasser (ca. 150 m^3/sec) durchgeführt und ergab einen generell für alle Priele dieser Art typischen, wenn auch quantitativ unterschiedlichen Verlauf des Sinkstoffgehaltes während der Zeit der Wasserbedeckung.

Der rund 2½ Stunden vor Hochwasser unvermittelt mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 1—2 Kn. (0,5—1,0 m/sec) und mit einer Steiggeschwindigkeit von 3—4 dm während der ersten Viertelstunde des Einströmens ankommende Flutschwall bringt eine beträchtliche Sinkstoffmenge heran, die sich am Beobachtungstage auf etwa 1000 mg/l belief und an einem anderen, hier nicht dargestellten Termin von Anfang April 1954 bei frischen Nordwestwinden sogar den 2000-mg/l-Wert am gleichen Ort überschritt. D. h. die höchsten Sinkstoffkonzentrationen im Watt treffen wir in den Prielen zur Zeit der größten Stromgeschwindigkeit (erste Flut und letzte Ebbe) an, sie erreichen dann Höhen, wie sie den starken Saumtrüben am Fahrwasser der Wesermündung entsprechen. Nach einer Viertelstunde beruhigte sich dann der Einströmungsvorgang, und die Trübe kam teilweise zur Ablagerung, immerhin blieben noch 400 bis 500 mg/l in Schwebe. Etwa eine Stunde nach dem Eindringen der ersten Flutwelle erfolgte ein erneutes Ansteigen der Trübungskurve um etwa 300 mg/l, das in den übrigen Prielen nach angenähert demselben Zeitabstand, aber in verschiedenen Konzentrationshöhen, immer wieder beobachtet wird und daher nicht zufälliger Natur sein kann. Der erneute Anstieg fällt nämlich stets zusammen mit folgender Erscheinung: Nachdem der Priel im Verlaufe einer wechselnden Zeitspanne (zwischen 0,5 und 1,5 Stunden schwankend) bis zum Rande gefüllt ist, strömt von Westen über die offene Wattfläche das

Flutwasser langsam heran. Die Strömungsgeschwindigkeit des auf der Wattfläche in breiter Front bei geringer Tiefe vordringenden Wassers ist nur im vordersten Saum erwähnenswert (0,5 m/sec maximal); dieser Saum bringt also einige Sinkstoffe der feineren Fraktionen (bis zu 50 oder 100 μ herauf) über die Flächen von Westen her in den Priel hinein. Am 30. 6. 1953 wird diese Trübe am Schmarrener Loch nach unseren Beobachtungen im ersten Flutsaum am Untersuchungspunkt ca. 300 mg/l ausgemacht haben (s. Tafel 7, oben), das ist immerhin relativ viel. Wenn auch die Trübungskonzentration des ersten Flutschwalles im allgemeinen entschieden größer ist als in dem über die Wattfläche etwas später herankommenden Wasser, so kann die Gesamtmenge an Sinkstoffen, die über das Watt transportiert wird, dennoch der direkt im Priel herangebrachten Menge quantitativ äquivalent oder gar überlegen sein, da ja die Länge des Prieles oft 1000 m und mehr gegenüber dem nur 10—20 m breiten Querschnitt beträgt.

Während das gesamte Prielgebiet in der Nähe des Beobachtungspunktes während der Flut also durch zwei intensive Wellen gefüllt wird, zieht das Wasser während des größten Teiles der Ebbe in das Stromsystem des Prieles ein und nimmt die aus beiden Flutschwällen resultierende Sinkstoffmenge gesammelt ist. Ist z. B. die Trübungskonzentration während der letzten Ebbe gleich derjenigen des ersten Flutschwalles im Priel (angenähert gleiche Strömungsgeschwindigkeiten und gleiche Wasserstände vorausgesetzt), so kann man annehmen, daß entweder die über das Watt herankommende Flut keine nennenswerten Sinkstoffe mitgebracht hat, oder, wenn diese Annahme durch das am Anfang der Kurve beobachtete sekundäre Trübungsmaximum widerlegt wird, daß eine Sinkstoffmenge, die größenordnungsmäßig dieser Zufuhr über das Watt entspricht, im Prielgebiet abgesetzt wurde. Sollte es nicht zu derartigen Ablagerungen während der Zeit der Wasserbedeckung gekommen sein, müßte die Sinkstoffkonzentration zur Zeit der letzten Ebbe größer sein als während des ersten Flutschwalles. Im übrigen läßt sich natürlich aus den bisher immerhin begrenzten Untersuchungen nicht allzuviel aussagen über den Sinkstoffaustausch in dem Gebiet eines Prieloberlaufes. Dazu bedürfte es mehrerer Meßstellen, die, mit einem Trübungsschreiber versehen, über längere Zeiträume erfaßt werden müßten.

Weiter sieht man auf dem oberen Bild der Tafel 7, daß, an das sekundäre Trübungsmaximum anschließend, während des größten Teiles der Wasserbedeckungszeit, die Trübungskurve gleichmäßig verläuft, jedoch bei relativ hohen Konzentrationen zwischen 300 und 500 mg/l, und das bei ablandigen Winden. Das Gebiet am Schmarrener Loch gehört zu den sinkstoffreichsten an der Wurster Küste! — Die erste Ebbe bringt einen gewissen Anstieg der Trübungskurve, und etwa drei Stunden nach Hochwasser zeigt das letzte Ebbwasser bei Strömungsgeschwindigkeiten von 1 Kn. und mehr (etwa dem ersten Flutschwall entsprechend) eine gleich hohe Konzentration an Sinkstoffen, wie zu Beginn der ersten Flut, d. h.

nach den eben gemachten Überlegungen muß also ein gewisser Teil der herantransportierten Sinkstoffe im Prielgebiet, wenn vielleicht auch nur vorübergehend, zur Ablagerung gekommen sein.

Die gleichzeitig gemessenen Salzwerte zeigen einen weniger bemerkenswerten Verlauf: Hierbei ist höchstens der Salzgehalt des ersten Flutschwalles, der um etwa 2 ‰ höher liegt als das unmittelbar darauffolgende Wasser mit 18 ‰, von Interesse. Infolge der starken Einstrahlung am Beobachtungstage wird das in dünner Schicht herangeflossene erste Wasser der Flut besonders der Sonnenbestrahlung ausgesetzt gewesen sein und hat durch Verdunstung etwas im Salzgehalt zugenommen. Bei Hochwasser werden dann 22 ‰ erreicht, und später, über Ebbe, erfolgt ein erneutes Absinken auf 19—20 ‰.

Eine analoge Untersuchung, am gleichen Ort am 6. April 1954 bei frischen Nordwestwinden, ergab eine Trübe des ersten Flutschwalles (infolge der frischen Seewinde) von über 2000 mg/l, während der entsprechende Wert der über die Wattfläche herangekommenen Flut nur um knapp 200 mg/l erneut anstieg. Die letzte Ebbe ließ die Trübungswerte auf nur etwa 500 mg/l ansteigen, so daß wir annehmen müssen, daß bei dem auf die Küste drückenden Nordwestwind ein großer Teil der eingewanderten Sinkstoffe abgelagert wurde. Die Errichtung von Lahnungsfeldern oder ähnlichen Baumaßnahmen würde am Schmarrener Loch vermutlich rasch zu einer Verlandung führen!

Auf dem mittleren Bild der Tafel 7 ist ein analoger Trübungsverlauf aus dem etwa 1 m flacheren und wesentlich kürzeren Dorumer Priel wiedergegeben. Die Messung erfolgte am 19. Mai 1954 bei wenig Oberwasser (ca. 130 m³/sec) und steifen bis stürmischen westlichen Winden (Stärke 7—8).

Im allgemeinen bemühten wir uns, alle Untersuchungsfahrten bei schwachen bis mäßigen Winden durchzuführen, um auf diese Weise die allein schon durch das Wetter verursachten störenden Einflüsse weitgehend auszuschalten; außerdem ist es bei schwerem Wetter kaum möglich, die wertvollen Instrumente an der Grodenkante im Zelt unbeschädigt zu erhalten. Da aber in vielen Fällen gerade bei stürmischem Wetter zum Teil noch unbekannte und bedeutungsvolle Veränderungen auf dem Watt vor sich gehen und das stürmische Wetter sich erst beim Aufbauen der Geräte, als eine Umkehr kaum noch in Frage kam, rasch entwickelte, entschlossen wir uns, die Meßreihe soweit wie irgend möglich bei dem stürmischen Wetter des 19. Mai 1954 zu erledigen.

Es zeigt sich schon bei der Auswertung der Messungen entlang der Wurster Grodenkante, daß die Sinkstoffe in der Nähe der Küste generell von Süd nach Nord abnehmen. Man kann also von vornherein im Dorumer Priel sowie in den nördlich anschließenden Prielen nicht dieselben Sinkstoffkonzentrationen erwarten, wie soeben im Schmarrener Loch. Dennoch erstaunen die im Durchschnitt höchstens um nur 200 mg/l pendelnden Trübungskonzentrationen angesichts des rauhen Wetters sehr, und sie sind nur durch die Tatsache zu erklären, daß die westlich vor dem Dorumer Priel liegende Wattfläche einen sandigen Charakter hat (s. Lüneburg 1954),

der es trotz starker Unruhe in dem darüber hinstreichenden Wasser nicht zu größeren Sinkstoffanreicherungen kommen läßt; und selbst bei einer intensiven Sturmflut am Ende desselben Jahres wurden am Deichfuß in dieser Gegend nur etwa 1000 mg/l Sinkstoffe in der Brandungszone über dem Vorland erreicht. Davon abgesehen, ist aber die Charakteristik der Kurve die gleiche wie in den beiden Untersuchungsreihen im Schmarrener Loch, so daß eine Verallgemeinerung der Ergebnisse sehr wohl statthaft erscheint.

Die erste Flut etwa 2½ Stunden vor Hochwasser bringt Sinkstoffe in einer Menge von 300—400 mg/l mit. Nach einer halben Stunde ist der Wert um über die Hälfte abgesunken und steigt dann während der nächsten Viertelstunde, beim Einfließen des über das Watt von Westen herankommenden Flutwassers erneut um allerdings nur etwa 50 mg/l an; auch dieser so geringe sekundäre Sinkstoffanstieg zeugt von dem sauberen, sandigen Aufbau der vorgelegenen Wattplate. Vor und nach Hochwasser wird am 19. Mai 1954 im Dorumer Priel kein absolutes Trübungsminimum erreicht, wie etwa zuvor im Schmarrener Loch; es halten sich die Werte vielmehr während der ganzen Tide zwischen 150 und 200 mg/l, wobei die Brandung von ca. 1 m Wellenhöhe die ursächliche Rolle spielen dürfte. Wiederum drei Stunden nach Hochwasser ist die letzte Ebbe trotz starken Windstaues mit etwa 0,5—0,7 m/sec abgeströmt und hat dabei die Werte lediglich auf ca. 200 mg/l ansteigen lassen, eine Tatsache, die uns, wie auch schon bei Schmarren beobachtet, zeigt, daß bei stärkerem Windstau von See her die Sinkstoffkonzentration der letzten Ebbe geringer ist als bei der ersten Flut des gleichen Tages, d. h. es sind Schlickmassen unter diesen Umständen hängen geblieben.

Salzmessungen konnten am 19. Mai 1954 nur zu Anfang und am Ende der Serie gemacht werden, da der Beobachtungsort bei der starken Brandung über Hochwasser nicht zu erreichen war. Die Salzwerte liegen am Anfang und Ende der Serie gleichmäßig bei über 28 ‰, das sind für die Verhältnisse am Wurster Ufer recht beträchtliche Werte, die hier sonst im allgemeinen zwischen 20 und 25 ‰ zu liegen pflegen.

Eine nicht dargestellte Wiederholung der Messung im Dorumer Priel vom 3. Juni 1954 bei ebenfalls geringer Oberwassermenge (gut 100 m^3/sec), aber nur schwachen Nordwestwinden, zeigt im Trübungsverlauf zunächst ein ähnliches Bild wie am 19. Mai 1954, d. h. die erste Flut ist von einer etwas erhöhten Trübungskonzentration begleitet (ca. 200 mg/l), die dann im weiteren Verlauf auf 50—100 mg/l absinkt, also insgesamt doch um etwa 50 % niedriger als 14 Tage zuvor bei stürmischem Wetter ist. Bemerkenswerterweise nimmt nun aber die letzte Ebbe gegenüber der ersten Flut mehr als die doppelte Sinkstoffkonzentration mit nach See hinaus (über 400 mg/l); es handelt sich also wieder um dieselbe Erscheinung, daß bei fehlendem Windstau die Trübungskonzentration im letzten Ebbwasser gleich groß oder größer als im ersten Flutwasser ist, das bedeutet,

daß starke westliche Winde wohl erodierend an der Grodenkante wirken, daß sie aber andererseits infolge ihres Staues die Sinkstoffmassen in der Nähe der Grodenkante halten. Erst die nachfolgende ruhigere Wetterperiode wird dann die während des Sturmes aufgearbeiteten Sinkstoffe seewärts abziehen lassen, wenn dieses nicht durch Lahnungsbau usw. verhindert wird. Auf dem unteren Bild der T a f e l 7 sind schließlich die analogen Befunde aus dem Spiekaer Priel, nördlich des Cappeler Tiefs, vom 31. 8. 1954 dargestellt. Sie wurden bei mäßigen westlichen Winden und einer etwa auf den Normalwert angestiegenen Oberwassermenge (ca. 300 m^3/sec) gewonnen. Der weiter oben bereits näher beschriebene Spiekaer Priel liegt ebenfalls hinter einer recht sandigen Wattplate, ist nur wenige Meter breit und sowohl die erste Flut wie die letzte Ebbe haben Stromgeschwindigkeiten von über 1 Kn. (0,7—0,8 m/sec). — Die durchschnittlichen Stinkstoffkonzentrationen betragen mit etwas über 100 mg/l noch weniger als im Raum von Dorum, da die Spiekaer Station näher an der sandigen Wasserscheide zwischen Weser- und Elbmündung liegt. Die erste Flut, die infolge der generell höheren Wattlage im Raume von Spieka erst zwei Stunden vor Hochwasser in den Priel einsetzt, zeigt eine Trübungskonzentration von 200 bis 300 mg/l. Der Trübungsgehalt sinkt dann schnell auf rund 100 mg/l ab, wobei gleichzeitig der zu Beginn der Flut etwa 20 ‰ betragende Salzgehalt (eine ergiebige Regenzeit hatte seit einigen Wochen eingesetzt) plötzlich, und nur für die Dauer einer Viertelstunde, auf 10 ‰ zurückging! Dieser für das Wurster Watt ungewöhnlich niedrige Salzgehalt läßt sich nur so erklären, daß eine größere Süßwassermenge aus dem benachbarten Spiekaer Siel während der vorhergehenden Ebbe in das davorliegende Spiekaer Tief gelangt ist und nun mit der Flut in den vom Spiekaer Tief parallel zur Küste abbiegenden Priel teilweise hineinfließt, daß also eine noch wenig mit Salzwasser vermischte Abwassermasse aus dem Lande Wursten kurzfristig den Beobachtungsort passiert. Die Salzwerte steigen rasch wieder auf etwa 20 ‰ und verbleiben so für die Dauer der Meßreihe, soweit sich das aus den Salzbeobachtungen folgern läßt, die kurz vor und nach Hochwasser nicht durchführbar waren. — Interessant ist die Feststellung, daß bei dem nur mäßigen Winddruck des Beobachtungstages die Ebbe wiederum etwa die doppelte Trübungskonzentration gegenüber der ersten Flut hat, d. h. daß auch hier wieder mehr Sinkstoffe mit der Ebbe am Beobachtungsort abtransportiert werden als umgekehrt. — Es ist noch zu erwähnen, daß sich auch im Spiekaer Priel am 31. 8. 1954 der Einfluß der vom Watt etwas später hinzukommenden Flut in einer viertelstündigen Erhöhung der Sinkstoffkonzentration um rund 200 mg/l geltend macht, wie das ebenfalls im Juni desselben Jahres an eben derselben Stelle geschah, wo bei wenig Oberwasser und einem Salzgehalt von ca. 30 ‰ der Wattüberlauf auch eine viertelstündige Trübungserhöhung um fast 200 mg/l erbrachte. Das kurz nach dem ersten Sinkstoffstoß auf diese Weise eintretende sekundäre Sinkstoffmaximum ist allen küsten p a r a l l e l e n und ufernahen Prielen gemein!

Die vierte und letzte Prielstation lag auf der Butjadinger Seite der Wesermündung an einem kleinen Seitenarm des Fedderwarder Tiefs beim Dorfe Waddens. Sie wurde an zwei Tagen im September 1954 bei einem mittleren Oberwasser und frischen Südwest- und Westwinden aufgesucht und soll nur kurz Erwähnung finden, da sie nicht viel Neues gegenüber der Wurster Seite bringt. Es ist die Butjadinger Seite der Mündung westlich Tettens relativ arm an Sinkstoffen, und so wurden denn auch an beiden Untersuchungstagen durchschnittliche Sinkstoffwerte von nur 50—100 mg/l festgestellt. — Der erste Flutschwall bringt eine Sinkstoffkonzentration von etwa 200—300 mg/l, unmittelbar danach folgt ein höchstens zehn Minuten andauernder zweiter Sinkstoffstoß bis über 300 mg/l. Im weiteren Verlauf der Flut treten dann keine bemerkenswerten Sinkstoffbewegungen ein, und an beiden Untersuchungstagen ist die Sinkstoffkonzentration im letzten Ebbstrom gleich groß oder größer als diejenige der ersten Flut; es scheinen also Schlickmassen an diesen Tagen infolge der ablandigen Winde das Wattgebiet bei Waddens zu verlassen.

An den drei nördlichen Prielstationen liegt die Beziehung zwischen der Extinktion pro cm und dem Sinkstoffgewicht in mg/l derart, daß 1 E pro 1 cm Schichtdicke gleich 1 mg/l und vor Waddens gleich 0,75 mg/l ist, da dort eine beträchtliche Tonkomponente im ufernahen Wattsediment vorhanden ist.

Die bisher durchgeführten Untersuchungen der Sinkstoffphänomene an e i n e m Punkt von vier verschiedenen landnahen und uferparallelen Prielen mittlerer Größe zeigen eindeutig, daß der Transport der Sinkstoffe im Watt am konzentriertesten in den Tiefs und Prielen selbst, und zwar im ersten Flutschwall sowie im letzten Ebbstrom erfolgt, daß aber auch ein sekundärer Transport über die Wattflächen hinweg vor sich geht, der, da er sich über wesentlich größere Gebiete erstreckt, evtl. der Menge der in den Prielen selbst beförderten Trübe entspricht. Zur Beantwortung der Frage, inwieweit Sinkstoffe in einer Tide oder innerhalb eines längeren Zeitraumes in dem betreffenden Prielgebiet zur Ablagerung kommen oder fortgespült werden, muß zukünftigen systematischen, kontinuierlich durchgeführten Untersuchungen in dem einen oder anderen Priel vorbehalten bleiben.

Zusammenfassung

Die in den Jahren 1953/54 durchgeführten systematischen Untersuchungen über Konzentration, Verteilung, Transport und Kreislauf der Sinkstoffe im Gesamtgebiet der Wesermündung erfolgten mit dem D-Gerät, das speziell für die Arbeiten in den Seitenräumen des Fahrwassers, in den Prielen (Gezeitenrinnen) sowie auf den Watten umgearbeitet worden war. Der Untersuchungsraum erstreckt sich in der Längsrichtung von der Tegeler Plate im Norden bis nach Rechtenfleth im Süden, und die Ergebnisse resultieren aus einer Reihe von repräsentativen Querschnitten, Uferlängsschnitten und Längsschnitten unmittelbar vor den Grodenkanten sowie aus einigen festen Stationen in markanten, meist das Ufer angreifenden, küstenparallelen Prielen.

Die maximalen Sinkstoffkonzentrationen liegen an den Schorren der Unterweser bei einem optimalen Salzgehalt zwischen etwa 3—7 ‰ (Schwerpunkt bei 5 ‰); das entspricht dem früher gewonnenen Bild aus dem Hauptfahrwasser. Nur ist die Trübe in den Seitenräumen (starke Strömung an tonhaltigen Uferhängen) konzentrierter als im Fahrwasser und beläuft sich maximal sogar auf 5000 mg/l und mehr! — Diese Erscheinung an beiden Säumen des Stromes klingt nach Süden (flußaufwärts) schnell, nach Norden in Richtung See langsam ab und geht schließlich über in die sich nur auf wenige 100 mg/l belaufende Trübe entlang den Grodenkanten. — Es wird weiterhin festgestellt, daß und in welchem Ausmaße die rechte Seite der Mündung die ausgesprochene Brackwasserseite und der Westsaum die eigentliche Flut- oder Seewasserseite sind. Auf der rechten Mündungsseite trifft man im Raume Wremen—Solthörn Salzwerte zwischen 5 und 15 ‰ an bei gleichzeitigen Sinkstoffmengen bis zu 1000 mg/l und mehr, während am Butjadinger Ufer beim Fedderwarder Siel, Burhave usw. gleichzeitig Salzwerte um 20 ‰ und mehr bei nur etwa 100 mg/l Sinkstoffe auftreten.

Schließlich werden noch Berechnungen angestellt über den Einfluß der Entwässerungssiele Wurstens und Butjadingens auf das davorliegende Wattenmeer sowie über die möglichen Mengen der in den Prielen transportierten Sinkstoffe. — In dem untersuchten Gebiet wird kaum aktiver Küstenschutz durch Landgewinnung (Lahnungsbau, planmäßige Bepflanzung usw.) betrieben, und es scheint vor allem bei fehlendem Windstau, also bei Windstille oder ablandigem Wind, zu einem Abtransport von Sinkstoffen aus dem Uferraum zu kommen.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Hans Lüneburg, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven.

Literaturverzeichnis

Gry, H.: 1942, „Quantitative Untersuchungen über den Sinkstofftransport durch Gezeitenströmungen". Folia Geographica Danica. Copenhagen. Tom II, No. 1, S. 5—138.

Hansen, K.: 1952/53, „The Sediments and the Transport of Debris in the Graadyb Tidal Area." Saertryk af Geogr. Tidsskrift. Copenhagen. Bd. 52, S. 69—82.

Hensen, W.: 1953, „Das Eindringen von Salzwasser in die Gezeitenflüsse und ihre Nebenflüsse usw." Mitt. d. Franzius-Inst. d. T. H. Hannover. Hannover. Heft 3. S. 20—50.

Kühl, H. u. H. Mann: 1954, „Über die Hydrochemie der unteren Ems." Veröff. d. Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven. Bremen. Band III, H. 1, S. 126—158.

Labaye, G.: 1948, „Über den Feststoffgehalt der Wasserläufe." In La Houille Blanche. Numero Special A. S. 600—627.

LÜNEBURG, H.: 1952: „Beiträge zur Hydrographie der Wesermündung. 1. Teil." Veröff. d. Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven. Bremen. Bd. I, H. 1, S. 91—114.

— 1953, „Beiträge zur Hydrographie der Wesermündung. 2. Teil." Veröff. d. Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven. Bremen. Bd. II, H. 1, S. 15—51.

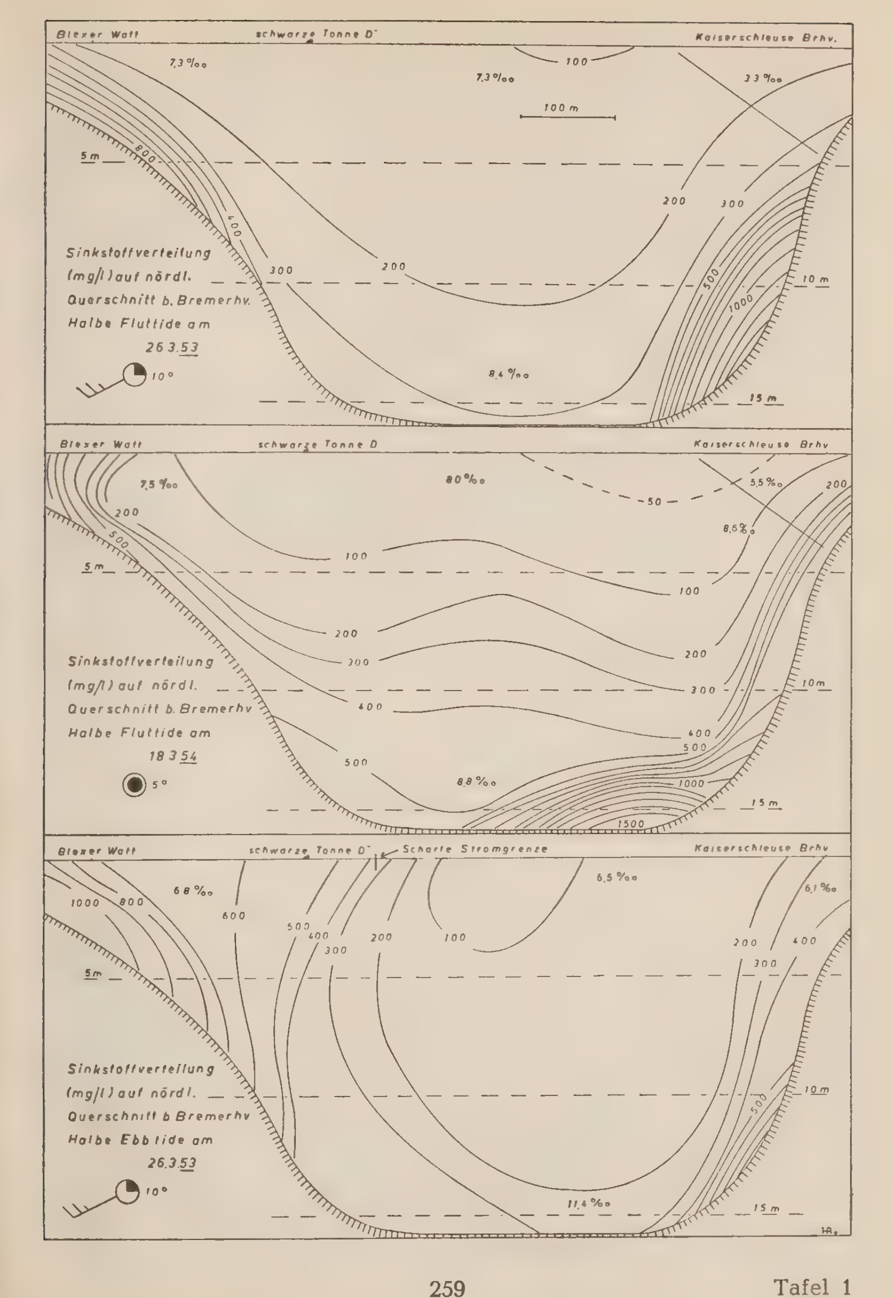
— 1954, „Vergleichende Wattuntersuchungen im Bereich der Wesermündung." Veröff. d. Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven. Bremen. Bd. III, H. 1, S. 66—125.

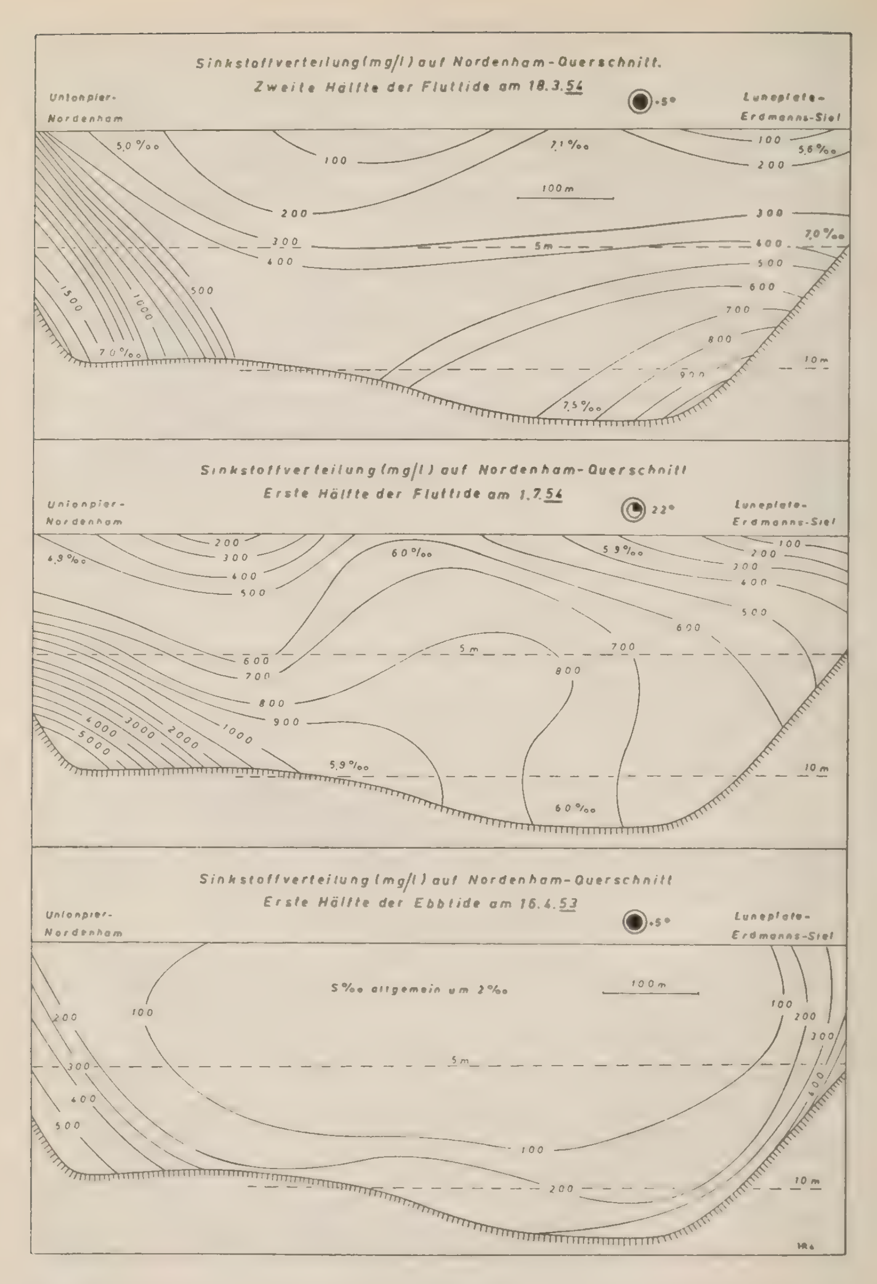
POSTMA, H.: 1954: „Hydrography of the Dutch Wadden-Sea." Archives Néerlandaises de Zoologie. Leiden. Tome X, 4e Livraison. S. 405—511.

SANTEMA, P.: 1954, „Enkele beschouwingen over de anslibbing van havens langs de Rotterdamse Waterweg." De Ingenieur, B. Bou en Waterboukunde 1, 66. Jaargang, Nr. 2, 8 Seiten.

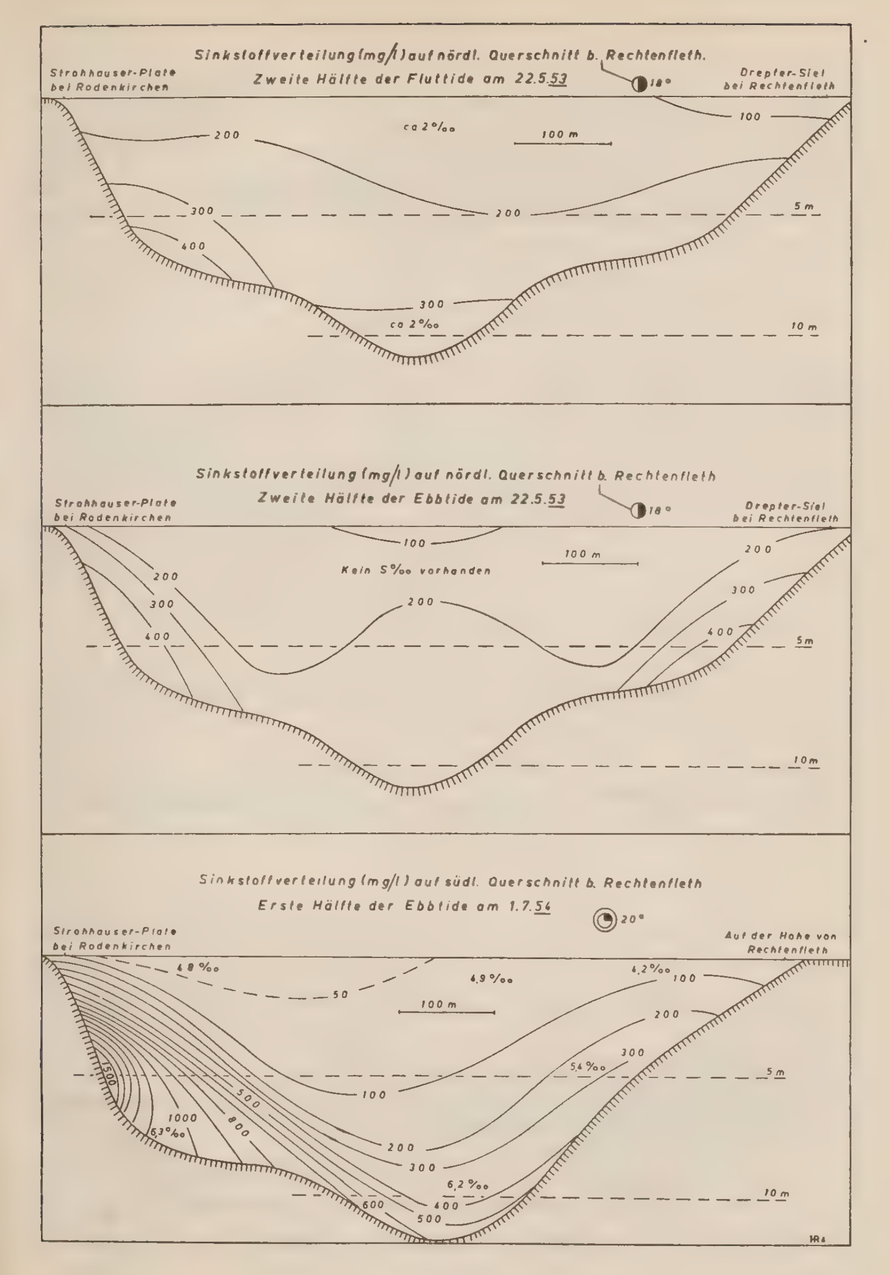
VAN VEEN, J.: 1950, „Eben Vloed schaar systemen in de Nederlandse getijwateren." Waddensymposium. Tijdschr. Kon. Nederl. Aardrijksk. Genootsch. Utrecht. Sonderdruck. S. 43—65.

WOHLENBERG, E.: 1954, „Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm." In „Die Küste". Heide/Holst. Jahrg. 2, H. 2, S. 33—94.


Blexer Watt
schwarze Tonne D
Kaiserschleuse Brhv.
7,3 ‰
7,3 ‰
3,3 ‰
100 m
5 m
10 m
15 m
Sinkstoffverteilung
(mg/l) auf nördl.
Querschnitt b. Bremerhv.
Halbe Fluttide am
26.3.53
10°
8,4 ‰
Blexer Watt
schwarze Tonne D
Kaiserschleuse Brhv
7,5 ‰
8,0 ‰
5,5 ‰
8,6 ‰
Sinkstoffverteilung
(mg/l) auf nördl.
Querschnitt b. Bremerhv
Halbe Fluttide am
18.3.54
5°
8,8 ‰
Blexer Watt
schwarze Tonne D
Scharfe Stromgrenze
Kaiserschleuse Brhv
6,8 ‰
6,5 ‰
6,1 ‰
Sinkstoffverteilung
(mg/l) auf nördl.
Querschnitt b Bremerhv
Halbe Ebbtide am
26.3.53
10°
11,4 ‰

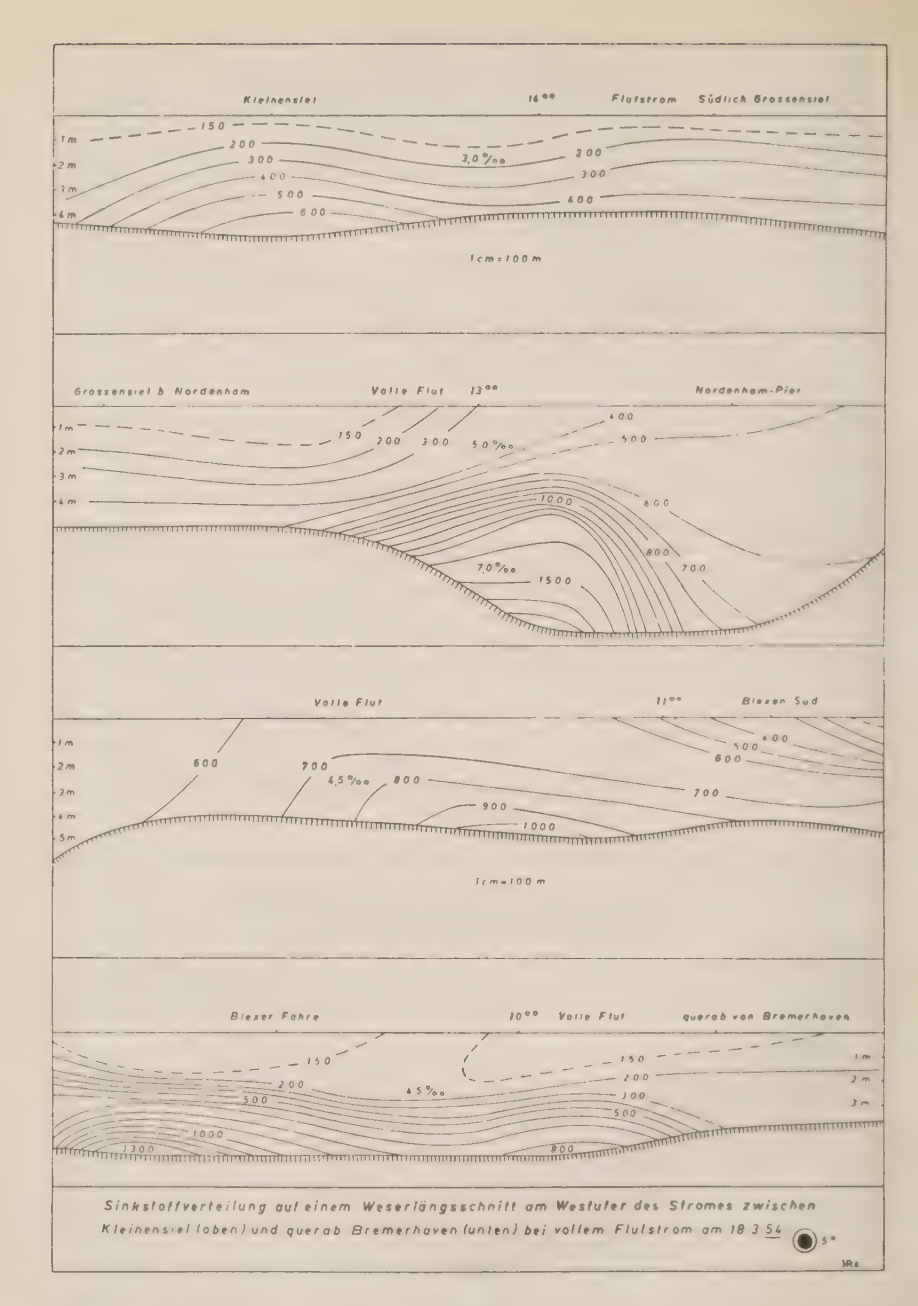

Sinkstoffverteilung (mg/l) auf Nordenham-Querschnitt.
Zweite Hälfte der Fluttide am 18.3.54
Unionpier-
Nordenham
Luneplate-
Erdmanns-Siel
·5°
5,0 ‰
7,1 ‰
5,6 ‰
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1500
7,0 ‰
7,5 ‰
100 m
5 m
10 m
Sinkstoffverteilung (mg/l) auf Nordenham-Querschnitt
Erste Hälfte der Fluttide am 1.7.54
Unionpier-
Nordenham
Luneplate-
Erdmanns-Siel
22°
6,9 ‰
6,0 ‰
5,9 ‰
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
2000
3000
4000
5000
5 m
10 m
Sinkstoffverteilung (mg/l) auf Nordenham-Querschnitt
Erste Hälfte der Ebbtide am 16.4.53
Unionpier-
Nordenham
Luneplate-
Erdmanns-Siel
·5°
S ‰ allgemein um 2 ‰
100 m
100
200
300
400
500
5 m
10 m

Tafel 2



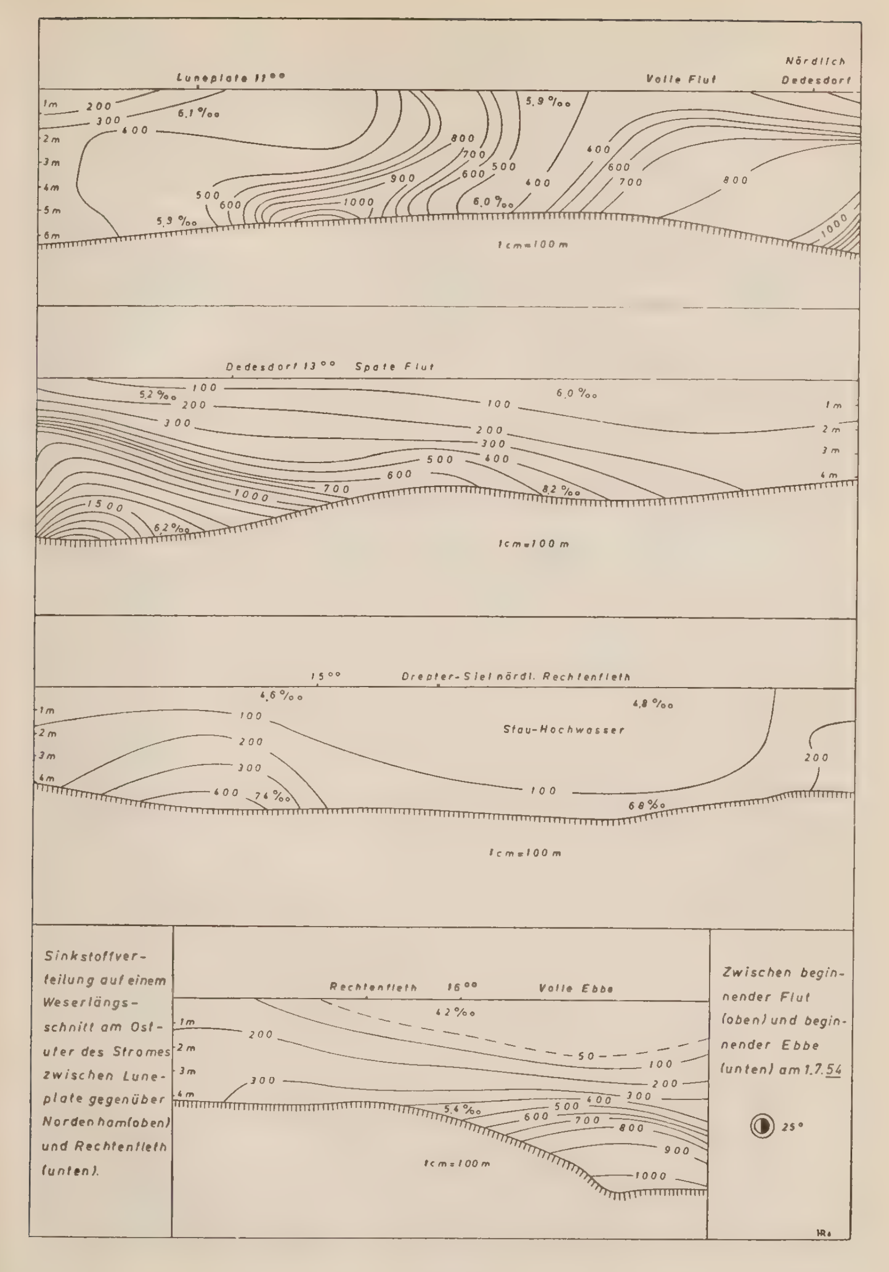
Sinkstoffverteilung (mg/l) auf nördl. Querschnitt b. Rechtenfleth.
Zweite Hälfte der Fluttide am 22.5.53
Strohhauser-Plate bei Rodenkirchen
Drepter-Siel bei Rechtenfleth
18°
100
200
ca 2‰
100 m
300
400
200
5 m
300
ca 2‰
10 m
Sinkstoffverteilung (mg/l) auf nördl. Querschnitt b. Rechtenfleth
Zweite Hälfte der Ebbtide am 22.5.53
Strohhauser-Plate bei Rodenkirchen
Drepter-Siel bei Rechtenfleth
18°
100
100 m
Kein S‰ vorhanden
200
300
400
200
5 m
10m
Sinkstoffverteilung (mg/l) auf südl. Querschnitt b. Rechtenfleth
Erste Hälfte der Ebbtide am 1.7.54
20°
Strohhauser-Plate bei Rodenkirchen
Auf der Hohe von Rechtenfleth
4,8‰
4,9‰
4,2‰
50
100
100 m
200
300
5,4‰
5 m
1500
500
100
1000
800
6,3‰
200
300
6,2‰
10 m
600
400
500

Tafel 3

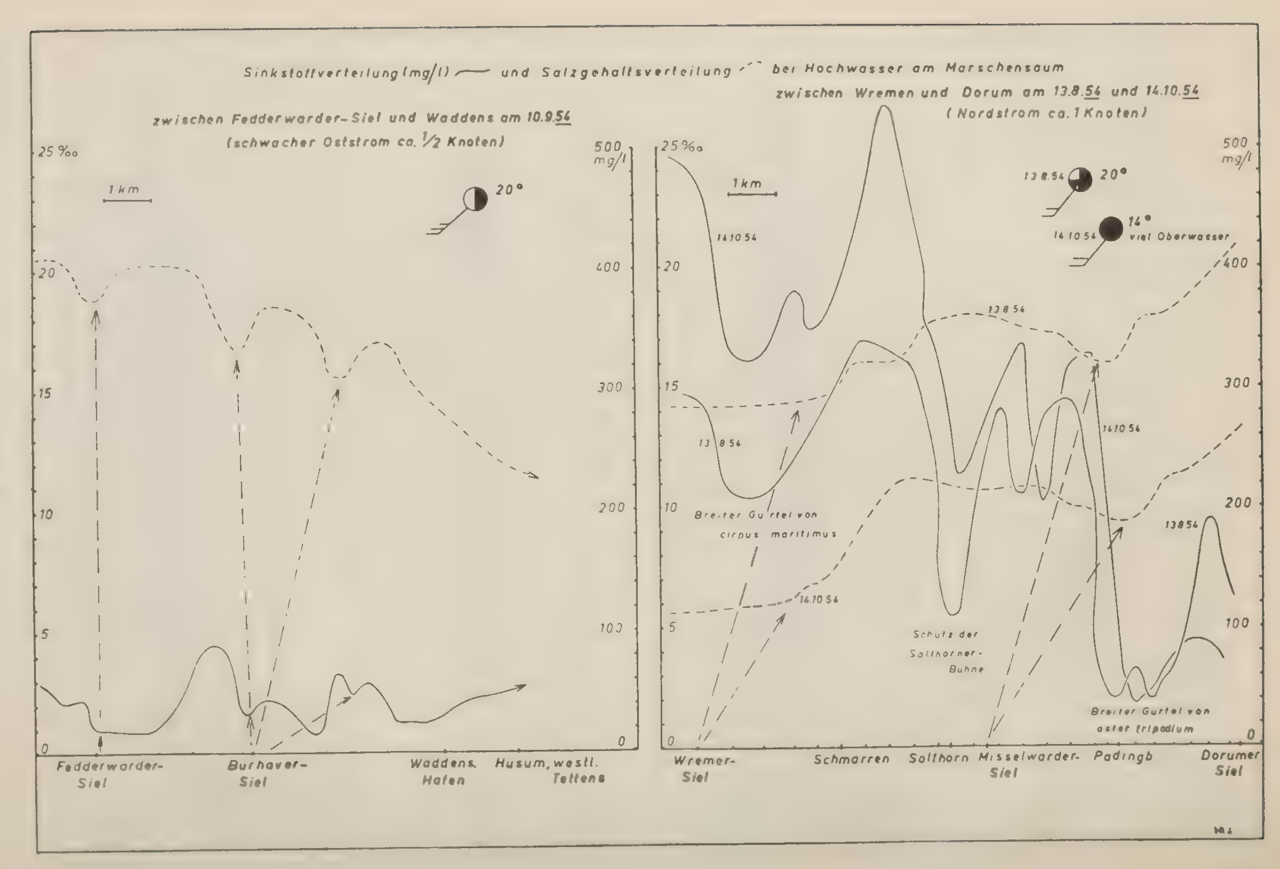


Sinkstoffverteilung auf einem Weserlängsschnitt am Westufer des Stromes zwischen Kleinensiel (oben) und querab Bremerhaven (unten) bei vollem Flutstrom am 18.3.54

Tafel 4

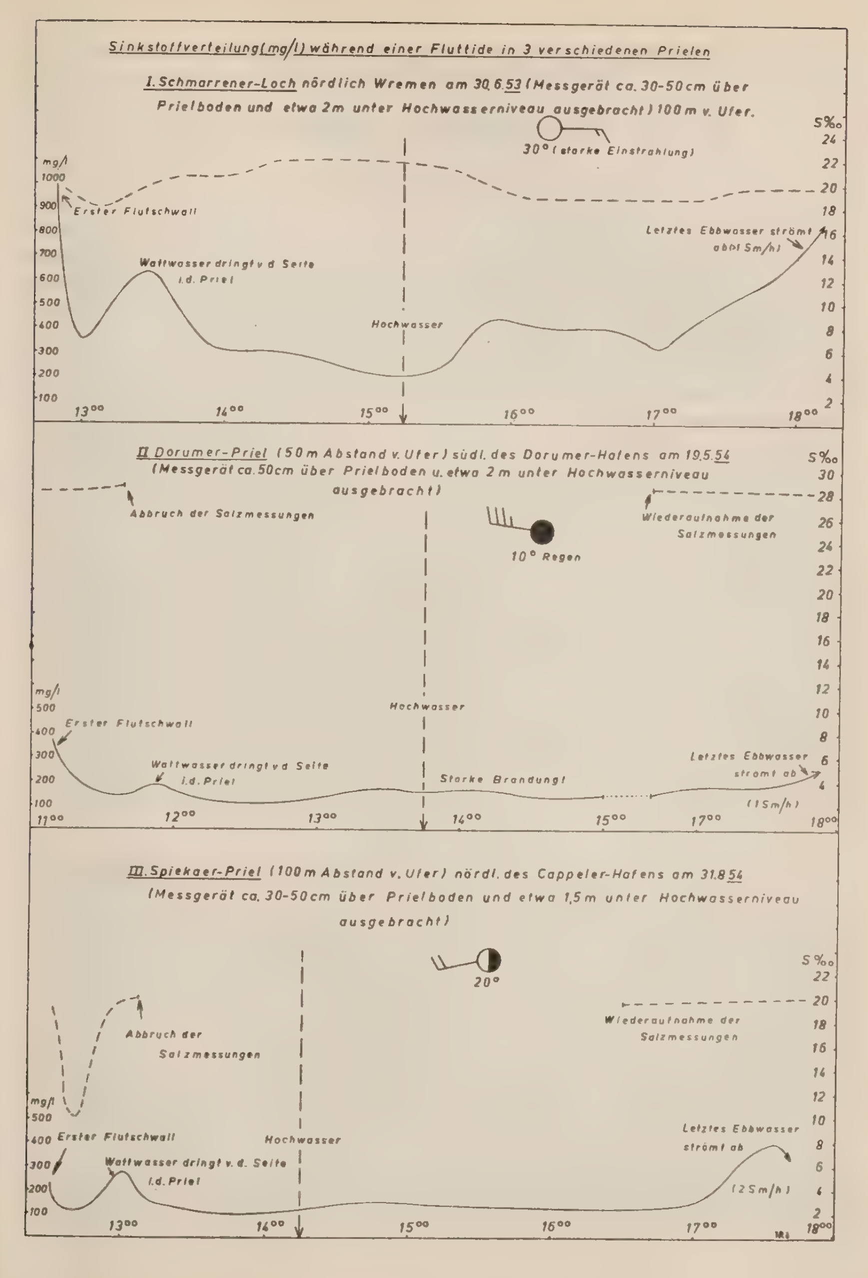


Sinkstoffverteilung auf einem Weserlängsschnitt am Ostufer des Stromes zwischen Luneplate gegenüber Nordenham (oben) und Rechtenfleth (unten).



Sinkstoffverteilung (mg/l) —— und Salzgehaltsverteilung - - - bei Hochwasser am Marschensaum
zwischen Wremen und Dorum am 13.8.54 und 14.10.54
(Nordstrom ca. 1 Knoten)
zwischen Fedderwarder-Siel und Waddens am 10.9.54
(schwacher Oststrom ca. 1/2 Knoten)
1 km
20°
14°
viel Oberwasser
13.8.54
14.10.54
Breiter Gürtel von Scirpus maritimus
Schutz der Solthorner-Buhne
Breiter Gürtel von Aster tripolium
25 ‰
20
15
10
5
0
500 mg/l
400
300
200
100
0
Fedderwarder-Siel
Burhaver-Siel
Waddens. Hafen
Husum, westl. Tettens
Wremer-Siel
Schmarren
Solthorn
Misselwarder-Siel
Padingb
Dorumer Siel

Tafel 6


Sinkstoffverteilung (mg/l) während einer Fluttide in 3 verschiedenen Prielen
I. Schmarrener-Loch nördlich Wremen am 30.6.53 (Messgerät ca. 30-50 cm über Prielboden und etwa 2 m unter Hochwasserniveau ausgebracht) 100 m v. Ufer.
30° (starke Einstrahlung)
Erster Flutschwall
Wattwasser dringt v. d. Seite i. d. Priel
Hochwasser
Letztes Ebbwasser strömt ab (1 Sm/h)
mg/l
S‰
II. Dorumer-Priel (50 m Abstand v. Ufer) südl. des Dorumer-Hafens am 19.5.54 (Messgerät ca. 50 cm über Prielboden u. etwa 2 m unter Hochwasserniveau ausgebracht)
Abbruch der Salzmessungen
Wiederaufnahme der Salzmessungen
10° Regen
Hochwasser
Erster Flutschwall
Wattwasser dringt v. d. Seite i. d. Priel
Starke Brandung!
Letztes Ebbwasser strömt ab
(1 Sm/h)
III. Spiekaer-Priel (100 m Abstand v. Ufer) nördl. des Cappeler-Hafens am 31.8.54 (Messgerät ca. 30-50 cm über Prielboden und etwa 1,5 m unter Hochwasserniveau ausgebracht)
20°
Abbruch der Salzmessungen
Wiederaufnahme der Salzmessungen
Erster Flutschwall
Hochwasser
Wattwasser dringt v. d. Seite i. d. Priel
Letztes Ebbwasser strömt ab
(2 Sm/h)

Schlickfall-Messungen an der Luneplate bei Bremerhaven

Von Hans Lüneburg

Mit 1 Abbildung

Die besonders in den Flußmündungen der Wattküsten, aber auch im benachbarten Watt selbst an geeigneten Stellen auftretende Sedimentation von feinkörnigen Sinkstoffen (meist unter 50 μ Korndurchmesser) spielt bei der Landgewinnung im positiven und bei der Tiefhaltung der Mündungshäfen und Sielzüge im negativen Sinne eine bedeutende Rolle. Sowohl zur Klärung wasserbaulicher wie allgemein hydrographischer Probleme ist das Wissen um das quantitative Ausmaß dieses Schlickfalles von größter Bedeutung. Die Erfassung des Schlickfalles auf den bei Niedrigwasser trocken liegenden Wattflächen ist relativ einfach (Kamps 1950, Nielsen 1935, Wohlenberg 1954), während sie unter der Seekartennull-Linie (Niedrigwasser-Niveau) mit größeren Schwierigkeiten verknüpft ist, vor allem, wenn es sich darum handelt, diese Erfassung auf beispielsweise 1 cm genau durchzuführen, da man dann mit gewöhnlichen Lotmethoden nicht mehr viel erreichen wird. Zur systematischen Erforschung des Schlickfalles ist es aber unerläßlich, dessen Fluktuationen und Ausmaße auf mindesten 1 cm genau zu messen. Im übrigen stellen alle in den Grund gebrachten Meßgeräte einen störenden Eingriff in den natürlichen Ablauf der Sedimentationsvorgänge dar. — Wir haben vor einigen Jahren einen Pegel zur Messung des Schlickfalles in flachen Gewässern unter der Niedrigwasserlinie entworfen, der nur eine minimale Störung am Grund hervorruft und der sich bisher gut bewährt hat, sofern er nicht in stärkeren Brandungszonen Aufstellung findet (Lüneburg 1952).

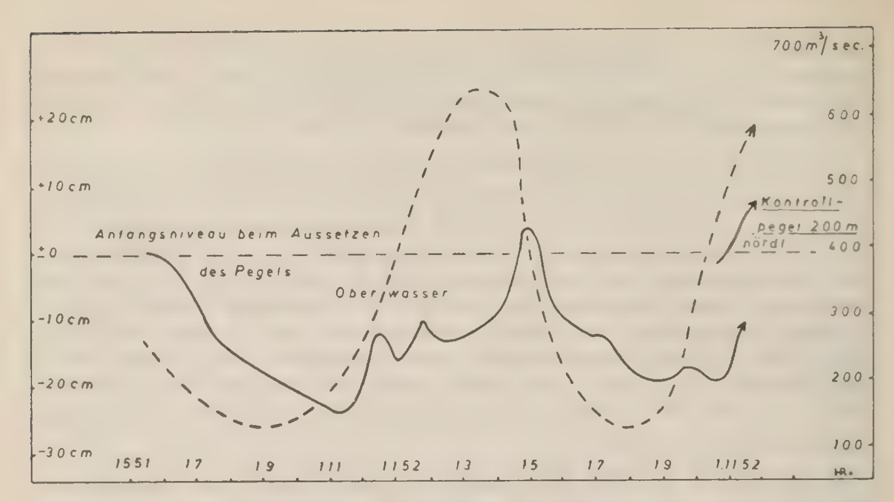
Vom Sommer 1951 bis zum Herbst 1954 konnten wir mit einem oder mehreren dieser Schlickfallpegel an den flachen Schorren der inneren Wesermündung mit größeren, meist eisbedingten Unterbrechungen arbeiten. Die ersten Messungen erfolgten mit Pegeln, die entweder einige Kilometer unterhalb der Stadt Bremerhaven oder einige Kilometer oberhalb derselben an der Ostschorre der Wesermündung ihre Aufstellung fanden (Lüneburg 1952). Die ursprünglich vorgesehene Aufstellung eines derartigen Pegels an einem Punkt der Westschorre im Raume oberhalb oder unterhalb Blexens (gegenüber Bremerhaven) mußte wieder aufgegeben werden, da diese Schorre wesentlich schmäler als die gegenüberliegende ist und von der Kleinschiffahrt häufig aufgesucht wird. Somit bestand die Gefahr, daß die dort aufgestellten Pegel fortgesetzt Kollisionen ausgesetzt wurden. — Schließlich wurden auch die auf der Ostschorre unterhalb Bremerhavens aufgestellten Pegel wieder eingezogen, da der südliche Küstenstreifen des Landes Wursten zwischen Bremerhaven und Wremen

bei den häufig starken bis stürmischen westlichen Winden heftiger Brandung ausgesetzt ist und es dort nachweislich nicht zu einer systematischen Sedimentation kommt, vielmehr wechseln Schlickfall und Erosion zeitlich und mengenmäßig in willkürlicher Reihenfolge ab.

So beschränkte sich also die Erfassung der Schlicksedimentation auf die relativ geschützt gelegene östliche Weserschorre gegenüber Nordenham, etwa 1000 m südlich des sogenannten Erdmann-Sieles an der Luneplate. Die Meßstelle lag auf ca. 2 m Tiefe unter dem Niedrigwasserniveau bei rund 50 m Abstand von der Wattkante (bei Niedrigwasser), und zwar auf der oberen flachen Abschrägung der Schorre. Der Boden besteht hier aus weichem Schlick über festem Klei, und das Gebiet ist nördlich und südlich durch zwei mehrere hundert Meter lange Steinbuhnen mit einem Nord-Süd-Abstand von ca 1000 m eingefaßt, wobei sich der Beobachtungsort ungefähr auf der Mitte zwischen den Buhnen befand, so daß er gewissermaßen in einer Bucht lag.

Zur Methodik der Schlickfallmessungen sei in erster Linie auf die einführende Arbeit des Verfassers in dieser Schriftenreihe verwiesen (Lüneburg 1952) und hier nur kurz hinzugefügt, daß die Ablesungen, im Mai 1951 beginnend, in etwa zwei- bis dreiwöchigem Abstand erfolgten; dieser zeitliche Abstand reicht völlig aus, um die ziemlich langsame Sedimentation oder Erosion zu verfolgen. — Erfreulicherweise wurden die Messungen im Winter 1951/52 nicht durch Eisgang unterbrochen, so daß eine kontinuierliche Beobachtungsreihe von mehr als eineinhalb Jahren vorliegt, wodurch ein aufschlußreicher Einblick in die jahreszeitlichen Schwankunken der Schlicksedimentation in der inneren Wesermündung gewonnen werden konnte. Ende Dezember 1952 zwang uns dann der einsetzende Eisgang, den Pegel einzuziehen. — Erst im Herbst 1953 konnte erneut ein Schlickpegel an demselben Ort der Luneplate ausgesetzt werden, um die bis dahin beobachtete Regelmäßigkeit im Verlauf der Schlickfallkurve weiter zu erhärten. Leider setzte schon ein Vierteljahr später schweres Treibeis ein und machte die Entfernung des Schlickpegels erforderlich.

Im April 1954 konnten die Messungen an eben demselben Ort wieder aufgenommen werden und bis zum erneuten Einsetzen von Treibeis in den ersten Tagen des Jahres 1955 laufend erfolgen. Die 50 Einzelmessungen verteilen sich somit auf 32 Monate, nämlich 1951 auf die Monate ab Mai, 1952 alle Monate, 1953 nur ab Oktober und 1954 ab April. — Während der letzten Wochen des Jahres 1952 stand an derselben Stelle (um ca. 200 m nach Norden verschoben) ein zweiter Beobachtungspegel zur Verfügung, der leider wegen Eisgangs nur kurze Zeit ausgenutzt und später dort nicht wieder aufgestellt werden konnte. Immerhin zeigte er einen völlig parallelen Verlauf des Schlickfalles und damit, daß die Messungen für den Raum zwischen den Buhnen repräsentativ sind. — (Einzelheiten s. Abbildung.)



Verlauf des Schlickniveaus an der Weserschorre bei Luneplate (gegenüber Nordenham) von Mitte 1951 bis Ende 1952. Beobachtungen wurden bei Niedrigwasser durchgeführt.

Zu der Darstellung der Schlickfallmessungen und der gleichzeitigen Oberwasserwerte ist noch folgende Erläuterung zu geben:

Die nur aus den Jahren 1951/52 dargestellten Schlickfallkurven stellen nicht das Fallen oder Ansteigen der Sedimentation unter oder über einem bestimmten Normalniveau, sondern den Abstand der jeweiligen Schlickoberfläche von ihrem Anfangsniveau am Pegel am Tage des Einsetzens desselben dar.

Die Oberwasserkurven ergaben sich aus der m i t t l e r e n Oberwassermenge in m³/sec am Pegel Intschede (oberhalb Bremens) der vor der Pegelablesung liegenden Woche, dadurch erhalten sie einen abgerundeten Verlauf, und Ausreißer treten nicht in Erscheinung; innerhalb etwa einer Woche wirkt sich erfahrungsgemäß das jeweilige Oberwasser im Raume Nordenham/Bremerhaven aus. — Der gleichzeitig mit der Pegelablesung durchgeführte aräometrisch bestimmte Salzgehalt ist auf der Tafel nicht dargestellt. Bei Oberwasserwerten unter 250 m³/sec liegt er zwischen 2—6 ‰, bei höheren Werten tritt er nicht mehr in Erscheinung.

Der Verlauf der Schlickfallkurve zeigt folgendes: Bezeichnend ist die Tatsache, daß am Jahresende der Schlickschwund (die Erosion) an der Luneplate mehr oder minder plötzlich in einen ausgeprägten Schlickanstieg oder Schlickfall (Sedimentation) übergeht, der im Anfang dieser bis ins Frühjahr andauernden Periode 5—10 cm / Monat beträgt. Eine g a n z e Schlickfallperiode über das Jahresende bis zum April/Mai folgenden Jahres konnte also nur einmal in 1951/52 erfaßt werden, wobei ein

Gesamtanstieg von über 30 cm beobachtet und das Ausgangsniveau glatt wieder erreicht wurde. Dann geht der Anstieg im April/Mai erneut in eine ausgeprägte Erosion über. Dieser Umkehrpunkt wurde im Mai 1952 beobachtet, scheint aber auch im Frühjahr 1951 und im Frühjahr 1954 (hier nicht dargestellt) um diese Zeit gelegen zu haben, da die Werte vom Beginn des Aussetzens an zunächst noch eine Zeitlang horizontal verlaufen und dann erst absinken und somit auf eine Umkehr hinweisen. Der Schlickschwund dauert immer wieder ein halbes Jahr und wurde dreimal, und zwar in den Jahren 1951, 1952 und 1954, beobachtet, so daß er mit großer Wahrscheinlichkeit eine zumindest im Raume Nordenham regelmäßige Erscheinung ist, zumal auch die übrigen Begleitumstände für eine regelmäßige Fluktuation der erwähnten Art, also Schlickfall von Herbst bis Frühjahr und Erosion von Frühjahr bis Herbst, sprechen. Fall und Anstieg belaufen sich bemerkenswerterweise jedesmal auf 20—30 cm!

Vergleicht man die Sedimentationskurven mit den dazugehörigen Oberwassermengen (und Salzwerten), so scheint eine Deutung dieses Phänomenes auf der Hand zu liegen, besonders, wenn man noch zusätzlich die früher beobachteten Sinkstoff-Fluktuationen im Weserfahrwasser querab Nordenham berücksichtigt (LÜNEBURG 1953 und l. c.).

Bei geringen Oberwassermengen unter 200—250 m³/sec liegt der Salzgehalt bei N i e d r i g w a s s e r am Beobachtungsort etwa zwischen 2 und 5 oder 6 ‰, d. h. der für die Anreicherung der Sinkstoffe im Fahrwasser und an den Schorren optimale Salzgehalt liegt dann etwa am Beobachtungsort. Da bei Stauniedrigwasser die Hauptmenge der Sinkstoffe auf den Boden des Fahrwassers absinkt und die erste Flut sie schnell flußaufwärts in den Raum von Dedesdorf/Rechtenfleth transportiert, werden die starken Sinkstoffkonzentrationen der Trübungswolke während des größten Teiles der Tide nicht an den Flußschorren bei Nordenham und der Luneplate verweilen, vielmehr steigt der Salzgehalt rasch auf über 10 ‰ an und das Wasser wird weitgehend klar, so daß die Erosion unter diesen Umständen die Wirkung des Schlickfalles überwiegt.

Bei normaler Witterung nimmt das Oberwasser am Ende des Jahres schnell zu und steigt auf übernormale Werte an, d. h. auf etwa 400 bis 600 m³/sec. Das hat zur Folge, daß bei Niedrigwasser kein Brackwasser mehr am Beobachtungsort auftritt; der für die Trübung optimale Salzgehalt liegt dann weit unterhalb Nordenhams etwa in der Gegend von Bremerhaven. Die Flut kann nunmehr die Zone stärkster Trübung während des größten Teiles der Tide gerade in den Raum von Nordenham verlagern, so daß es dort in geschützten Winkeln und auf dem oberen flachen Teil der Schorre zu Schlickfall kommt, und zwar in dem dargestellten Umfang. — Mit der Umkehr der Oberwassermenge im Frühjahr erfolgt ebenfalls ein Anstieg des Salzgehaltes bei Niedrigwasser und am Beobachtungsort auf 2 ‰ und mehr und damit eine Verschiebung der Sinkstoffwolke während des größten Teiles der Tide in flußaufwärtige Gebiete. Die entspre-

chende Umkehr der Sedimentationskurve liegt, wie dies im Jahre 1952 einwandfrei beobachtet wurde, etwa einen Monat nach der Umkehr der Oberwasserkurve, die steil abstürzt und somit schnell die Trübe mit dem entsprechenden Salzgehalt weiter weseraufwärts vordringen läßt. Die Beobachtungen der Jahre 1953/54 erhärten den dargestellten Befund.

Mit diesen Schlickfallmessungen wurde gezeigt, daß die mit der Tide und den variierenden Oberwassermengen hin- und herpendelnde Trübungswolke bei der Verschlickung der Seitenräume eine beträchtliche Rolle spielen kann; es wird die stärkste Verschlickung stets dort zu suchen sein, wo sich diese Wolke während des größten Teiles der Beobachtungszeit aufhält, oder mit anderen Worten, die mittlere Lage des oberen Salzgehaltes zwischen 2 und 7 ‰ ist ausschlaggebend nicht nur für das Auftreten der Sinkstoffwolke selbst, sondern auch für die mehr oder minder starke Verschlickung in den Seitenräumen der Unterweser.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Hans Lüneburg, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven-G.

Literaturverzeichnis

KAMPS, L. F.: 1950 „Enige gegevens over de sedimentatie in het waddengebied ten Noorden van de provencie Groningen." In „Waddensymposium". Tijdschr. Kon. Nederl. Aardrijksk. Genootsch. Utrecht. Sonderdruck S. 109—113.

LÜNEBURG, H.: 1952 „Ein Gerät zur Messung des Schlickfalles in Küstengewässern und Häfen." Veröff. d. Inst. f. Meeresforschung Bremerhaven. Bd. I, Heft 2. S. 129 bis 138.

LÜNEBURG, H.: 1953 „Die Probleme der Sinkstoffverteilung in der Wesermündung." Veröff. d. Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven. Bd. II, Heft 1. S. 15 bis 51.

LÜNEBURG, H.: 1955 „Zur Verteilung der Sinkstoffe in den Seitenräumen der Wesermündung." Veröff. d. Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven. Bd. III, Heft 2.

NIELSEN, N.: 1935 „Eine Methode zur exakten Sedimentationsmessung." Medd. Skalling Laboratoriet I, Copenhagen.

SANTEMA, P.: 1954 „Enkele beschouwingen over de anslibbing van havens langs de Rotterdamse Waterweg." De Ingenieur, B. Bouw en Waterboukunde 1, 66. Jaargang, Nr. 2, 8 Seiten.

WOHLENBERG, E.: 1954 „Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm." Die Küste, Heide/Holst., Jahrgang 2, Heft 2, S. 33 bis 94.

Inhaltsverzeichnis

Band III, Heft 2